

Mikael Gustafsson

# Sähköurakointiyhtiön tarkastus- ja käyttöönotto- prosessin kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

30.10.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Mikael Gustafsson Sähköurakointiyhtiön tarkastus- ja käyttöönottoprosessin kehittäminen 36 sivua + 4 liitettä 30.10.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Asennuspäällikkö Kimmo Vuori Lehtori Vesa Sippola
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää sähköurakointiyhtiön tarkastus- ja käyttöönottomittausprosessia, antaen työkalut ja ohjeistus sen suorittamiseksi yhtenäisellä tavalla koko yrityksen laajuudessa. Tärkeä osa prosessia oli yhtenäistää yrityksen ilme asiakkaiden suuntaan yhtenäiseksi kaikkien projektien ja luovutettavien dokumenttien osalta.</p> <p>Työssä tarkastellaan yrityksen nykytilaa, käytännön ongelmia liittyen tarkastusprosessiin ja mittauksien oikea-aikaisuuteen. Työn aikana haastateltiin eri projektihoitajia mittausprosessin ongelmista ja oikea-aikaisuudesta sekä käytiin käyttöönottomittaamassa muutamia erilaisia kohteita eri projektinhoitajien kanssa. Fyysisten mittauksien aikana saatiin selville mittausprosessin eri toimintatavat. Tavoitteena on ohjeen avulla saada luovutettua kaikki kohteet työn tilaajalle virheettömästi.</p> <p>Käyttöönottotarkastuksen tavoitteena on todeta ja varmistaa dokumentoidusti sähköasennukset ja laitteistot toimiviksi ja turvallisiksi, niin aistinvaraisesti, laskennallisesti että mittauksilla toteutetuilla testauksilla. Aistinvaraista tarkastusta tehdään dokumentoidusti tyyppillisesti valokuvien, raporttien ja asennustapaselosteiden koko asennustyön ajan. Fyysiset käyttöönottomittaukset ja testaukset puolestaan ajoittuvat usein asennuksen loppupuolelle.</p> <p>Lopputuloksena syntyi urakointiyhtiölle mittauksiin ja tarkastuksen dokumentointiin projektinhoidon työkaluiksi mallipohjat, tiivistetyt ohjeet muistinvirkistykseksi käyttöönottomittauksiin ja Fluke 1653 mittalaitteen mittausohjeet kyseisiin mittauksiin.</p>	
Avainsanat	käyttöönottomittaus, käyttöönottotarkastus, sähkö tarkastus, sähköturvallisuus, tarkastusmittaukset, Fluke 1653

Author Title	Mikael Gustafsson Electric Company's Inspection and Commissioning Process Development
Number of Pages Date	36 pages + 4 appendices 30 October 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineer
Specialisation option	Electrical power engineer
Instructors	Kimmo Vuori, Installation manager Vesa Sippola, Senior Lecturer
<p>The purpose of the study was to develop the commissioning process an electrical contracting company, providing the tools and instructions to perform the process in a uniform way for the whole company. An important part of the process was to unify the company's look towards customers as concerns all projects and deliverable documents.</p> <p>The thesis examines the company's current process state, practical problems in the audit process and the right timing of the measurements. Company's project managers were interviewed during the study about practical problems and right timing in the commissioning measurements. Various operating modes of the measurement process were studied in the work during the physical commissioning measurements at few buildings with different project managers. The aim is to use the help of instructions to get all the projects to be submitted to the job subscriber with zero error margins.</p> <p>The purpose of the commissioning inspection is to note and ensure documented electrical installations and the equipment to work safely, with help of senses, computationally and by measuring tests. Organoleptic Inspection is typically documented by photos, with reports of used installation methods during the process. Physical commissioning measurements and tests will take place usually at the end of the installation.</p> <p>The result is measurement and inspection tools and sample templates for documentation for the electrical contracting company's project managers. Summarized instructions for commissioning measurements and a Fluke 1653 measuring instruments guide were also designed.</p>	
Keywords	commissioning measurement, commissioning inspection, electrical inspection, electrical safety, control measurements, Fluke 1653

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Käyttöönottotarkastuksen vaatimukset ja perusteet	2
2.1	Uusi sähköturvallisuuslaki	3
2.2	Sähkölaitteistoluokitus ja varmennustarkastus	4
2.3	Käyttöönottotarkastukset	5
3	Aistinvarainen tarkastus	8
4	Mittaukset ja toiminnalliset kokeet SFS 6000	11
4.1	Mittausjärjestys	12
4.2	Sähköasennuksen eristysresistanssin mittaus.	14
4.3	Suojajohtimen jatkuvuus	16
4.4	Kiertosuunnan tarkastus	21
4.5	Jännite- ja taajuusmittaus	23
4.6	Syötön automaattinen poiskytkentä	23
4.7	Vikavirtasuojien toiminnan testaus	27
4.7.1	Vikavirtasuojainten laukaisuvirran mittaaminen	27
4.7.2	Vikavirtasuojainten laukaisuaajan mittaaminen	29
4.8	Napaisuuden tarkastus	30
4.9	Toiminta- ja käyttötestit	30
4.10	Tarkastuksen dokumentointi	30
5	Yrityksen nykytila prosessin suhteen	32
6	Prosessin kehitys ja yhtenäistäminen halutulle tasolle	33
7	Yhteenveto	34
	Lähteet	35

### Liitteet

Liite 1. KTMp (1193/1999) Olennaiset turvallisuusvaatimukset

Liite 2. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja

Liite 3. Käyttöönottotarkastus, mittautulospöytäkirja. "Liite vain työn tilaajan käyttöön"

Liite 4. Sähköasennusten käyttöönottotarkastuksen mittausohjeet. "Liite vain työn tilaajan käyttöön"

## Lyhenteet ja määritelmät

### Aistinvarainen tarkastus

Sähköasennuksen tutkiminen käyttäen kaikkia aisteja, joiden avulla todetaan asennuksen olevan tehty standardien ja vaatimusten mukaisesti.

### CE-merkintä

Conformité Européenne. Tuotevalmistajan ilmoitus, että tuote täyttää sitä koskevat Euroopan unionin vaatimukset.

KTMP Kauppa ja Teollisuusministeriön päätös

PELV-piiri Protective Extra Low Voltage. Pienoisjännitejärjestelmä, jonka piiri tai jännitteelle alttiit osat voivat olla maadoitettu.

Raportointi Testausten ja tarkastusten tulosten kirjaaminen.

SELV-piiri Safety Extra Low Voltage. Pienoisjännitejärjestelmä, jonka piiriä tai jännitteelle alttiita osia ei ole maadoitettu.

### Suojajohdin

(PE-johdin) Johdin, jota käytetään suojauksen takia, esimerkiksi sähköiskulta suojaamiseen.

Tarkastus Kaikki menettelyt, joilla arvioidaan tarkastuskohteen standardisarjan SFS 6000 vaatimusten mukaisuutta.

Testaus Sähköasennuksessa tehtävät mittaukset, joiden avulla sähköasennuksen turvallisuus osoitetaan.

### TN-S-järjestelmä

Sähkönjakelujärjestelmä, jossa on erilliset nolla- ja suojamaadoitusjohtimet.

$\Omega$  Ohmi. Resistanssin yksikkö.

## 1 Johdanto

Työn tilaajana on ES-Projektit Oy, joka harjoittaa LVISA-urakointia kotimaassa Uudenmaan alueella ja viennissä koko federaation alueella. ES-Projektit Oy on osa laajempaa ESP Konsernia, johon kuuluvat myös ESP Suomi Oy, ESP Tekniikka Oy ja KLA Talotekniikka Oy.

Insinööriyön avulla kehitetään entistäkin järjestelmällisempää ja yhdenmukaisempaa yrityksen toimintaympäristöä. Työssä käsitellään aluksi käyttöönottomittaukseen olennaisesti liittyvät standardin määritelmät ja siihen liittyvät vaatimukset. Sen jälkeen perehdytään tarkemmin aistinvaraiseen tarkastukseen, itse mittauksiin Fluke 1653 mittalaitteella sekä toiminnallisiin kokeisiin.

Tavoitteena on selvittää yrityksen nykytila prosessin osalta, jotta sitä voidaan kehittää, selventää mittausta prosessina itsessään, luoda yrityksen malliprojektikansioon yhtenäiset käyttöönottomittauspöytäkirjapohjat, sekä toimintatavat ja ohjeet. Insinööriyön tavoitteena on kehittää sähköurakointiyhtiö ES-Projektit Oy:n oman työn tarkastusta ja käyttöönottomittausta yhtenäiseksi ja yhdenmukaiseksi prosessiksi väli- ja loppudokumentointiin saakka.

## 2 Käyttöönottotarkastuksen vaatimukset ja perusteet

Sähköturvallisuuslaissa sekä kauppa- ja teollisuusministeriön päätöksissä annetaan raamit liittyen käyttöönottotarkastuksen vaatimuksiin ja perusteisiin sekä olennaisiin turvallisuusvaatimuksiin, jotka on esitetty erikseen opinnäytetyön liitteessä 1. Lisäksi Suomen Standarditoimistoliitto SFS ry on määritellyt standardisarjan SFS 6000, joiden mukaan kaikki suomessa tehtävät asennukset on toteutettava. Sähköturvallisuuslain (1135/2016) 34. §:n nojalla sallitaan standardista poikkeamisia, jos vastaava turvallisuustaso voidaan saavuttaa muutoin.

Seuraavassa on poimintoja pykälistä ja vaatimuksista, joiden todentamiseksi mittauksia ylipäättään tehdään ja voidaan varmistaa kiinteistön sähkölaitteisto turvallisesti standardin edellyttämällä tavalla.

Sähköturvallisuuslaki (410/1996) 17. § /10/

Sähkölaitteisto voidaan ottaa käyttöön sen jälkeen, kun käyttöönottotarkastuksessa ja -mittauksissa on todettu, että siitä ei aiheudu 5§:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä.

KTMp sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä (5.7.1996/517) 3. § /11/

Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastus, jossa riittävässä laajuudessa selvitetään, ettei sähkölaitteistosta aiheudu sähköturvallisuuslain (410/1996) 5§:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä ympäristölle.

Sähköturvallisuuslaki (410/1996) 5. § /10/

Sähkölaitteistot sekä -laitteet on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava, huollettava ja käytettävä niin, että:

- 1) ei aiheudu kenellekään hengen, terveyden tai omaisuuden vaaraa;
- 2) ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
- 3) eikä toiminta häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

KTMp sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä (5.7.1996/517) 4. § /11/

Käyttöönottotarkastuksesta on laadittava sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jollei 2 momentissa muuta määrätä. Tarkastuspöytäkirjasta tulee selvitä kohteen yksilöintitiedot, selvitys sähkölaitteiston säännösten ja määräysten mukaisuudesta, yleiskuvaus tarkastuksen laajuudesta, käytetyistä tarkastusmenetelmistä ja mittalaitteista sekä tarkastuksen ja testausten tulokset. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja sekä pöytäkirjassa on mainittava sähkötöiden johtajan yhteystiedot. Sähkölaitteistoa tai sen osaa ei saa luovuttaa haltijalle, jos käyttöönottotarkastus on tekemättä.



## KTMP Turvallisuusvaatimukset (17.12.1999/1193) 2. § /12/

Sähkölaitteistot on suunniteltava, rakennettava ja korjattava huomioiden hyvät asennustavat sekä turvallisuus näkökohdat sähköturvallisuuslain 5 §:n 1 kohdan mukaisesti. Lisäksi sähkölaitteistojen on täytettävä tämän päätöksen liitteen mukaiset olennaiset turvallisuusvaatimukset huomioiden Suomessa vallitsevat olosuhteet ja noudatettavat asennustavat.

### 2.1 Uusi sähköturvallisuuslaki

Opinnäytetyöni aikana on myös tullut voimaan vuoden alusta (1.1.2017) uusi sähköturvallisuuslaki (1135/2016), joka kumoaa vanhan edellä mainitun ja lainatun sähköturvallisuuslain (14.6.1996/410). Elämme standardien osalta murrosaikaa, ja KTMP päätökset 516 ja 517/1996 tullaan todennäköisesti lähiaikoina korvaamaan valtioneuvoston asetuksilla, koskien sähkö- ja käyttötyötä. Uudessa laissa (1135/2016), sanotaan käyttöönottotarkastuksesta seuraavasti:

Sähkölaitteisto saadaan ottaa käyttöön vasta, kun käyttöönottotarkastuksessa on riittävässä laajuudessa selvitetty, että siitä ei aiheudu 6 §:ssä tarkoitettua vaaraa tai häiriötä. Käyttöönottotarkastus on tehtävä myös sähkölaitteiston muutos- ja laajennustöille. Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksesta. Jos rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan niistä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia tarkastuksesta. Sähkölaitteiston rakentajan tulee laatia käyttöönottotarkastuksesta sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja vähäisiksi katsottavia töitä lukuun ottamatta. Näissäkin tapauksissa on sähkölaitteiston testausten tulokset kuitenkin tarvittaessa annettava laitteiston haltijalle. Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin käyttöönottotarkastuspöytäkirjan sisällöstä sekä niistä vähäisiksi katsottavista töistä, joista pöytäkirjaa ei tarvitse tehdä. /9/

Sähkölaitteiston käyttöönottoaikajankohdasta on erikseen määritetty uudessa sähköturvallisuuslaissa seuraavaa:

Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi käyttöön ajankohtana, jolloin laitteistoon kytketään jännite sen käyttöä varten. Sähkölaitteiston käyttöönottona ei kuitenkaan pidetä sellaisia valvottuja käyttötilanteita, jotka ovat tarpeen laitteiston koekäytössä tai käyttöönottotarkastuksessa. Sähkölaitteisto katsotaan otetuksi varsinaiseen käyttötarkoitukseensa ajankohtana, jolloin tila, johon sähkölaitteisto on rakennettu, otetaan suunniteltuun käyttötarkoitukseensa tai toiminta, jota varten sähkölaitteisto on suunniteltu, alkaa. /9/

Voidaan siis todeta, että tyypillisessä asuinrakennuskohteessa käyttöönottoaikajankohta on projektin luovutusajankohta tilaajalle. Tällöin tulee olla myös kaikki raportit, loppukuvat, mittaukselliset tulokset, huoltomateriaalit ja pöytäkirjat luovutettu tilaajalle.

Seuraavassa on myös lainaus sähkölaitteiston käyttöönottotarkastuksessa viitattuun 6. §:ään, jossa käsitellään sähkölaitteita ja -laitteistoja koskevia yleisiä vaatimuksia. Uusi laki korvaa SFS 600-3 sähköturvallisuuslain 14.6.1996/410 5. §:n, vaikka se on lähes saman sisältöinen.

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
  - 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;
  - 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.
- Jos sähkölaitte tai -laitteisto ei täytä 1 momentissa säädettyjä edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille, luovuttaa toiselle eikä ottaa käyttöön. /9/

## 2.2 Sähkölaitteistoluokitus ja varmennustarkastus

Projektinhoitajan tulee ottaa huomioon käyttöönottoprosessin osalta myös käyttöönotto-tarkastuksen lisäksi ulkoisen kolmannen osapuolen tarkastus eli varmennustarkastus. Sähkölaitteistoluokitukset (1135/2016, 44 §) määrittävät tarvitseeko sellainen suorittaa.

Sähkölaitteistoluokitus /9/

Sähkölaitteistot jaetaan niiden varmennus- ja määräaikaistarkastusten vaatimusten sekä kunnossapito-ohjelmaa koskevien vaatimusten osalta luokkiin seuraavasti:

- 1) luokan 1 sähkölaitteisto:
  - a) sähkölaitteisto asuinrakennuksessa, jossa on enemmän kuin kaksi asuinhuoneistoa;
  - b) muu kuin asuinrakennuksen sähkölaitteisto, jonka suojalaitteena toimivan ylivirtasuojan nimellisvirta on yli 35 ampeeria ja joka ei kuulu luokkiin 2 tai 3;
- 2) luokan 2 sähkölaitteisto:
  - c) sähkölaitteisto, johon kuuluu yli 1000 voltin nimellisjännitteisiä osia, lukuun ottamatta sellaista sähkölaitteistoa, johon kuuluu vain enintään 1000 voltin nimellisjännitteellä syötettyjä yli 1000 voltin sähkölaitteita tai niihin verrattavia laitteistoja;
  - d) sähkölaitteisto, jonka liittymisteho, jolla tarkoitetaan sähkölaitteiston haltijan kiinteistölle tai yhtenäiselle kiinteistöryhmälle rakennettujen liittymien liittymistehojen summaa, on yli 1 600 kilovolttiampeeria.
- 3) luokan 3 sähkölaitteisto:
  - c) verkonhaltijan jakelu-, siirto- ja muu vastaava sähköverkko. Sähkölaitteistoluokitusta ei sovelleta viestintäverkkojen, hissien, ilma-alusten eikä maa- ja vesikulkuneuvojen sähkölaitteistoihin.

Tyypillisesti kaikki ES-Projektien urakoimat kohteet kuuluvat luokkiin 1 tai 2, jolloin käyttöönottomittausten ja tarkastuksen jälkeen tarvitsee suorittaa vielä varmennustarkastus. Seuraavassa on lainaukset laissa määritellyistä raameista momenttien 45 § ja 46 § mukaisesta varmennustarkastuksesta, sen ajankohdasta, sisällöstä ja suorittajasta.

## Sähkölaitteiston varmennustarkastus /9/.

Sähkölaitteistolle on tehtävä käyttöönottotarkastuksen lisäksi varmennustarkastus, jos kyseessä on luokan 1, 2 tai 3 sähkölaitteisto. Varmennustarkastus on tehtävä myös sähkö- laitteiston merkittävälle muutos- ja laajennustyölle. Sähkölaitteiston rakentajan tulee huolehtia sähkölaitteiston varmennustarkastuksesta. Jos rakentaja laiminlyö velvollisuutensa tai on estynyt huolehtimaan siitä, tulee sähkölaitteiston haltijan huolehtia tarkastuksesta. Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin merkittäviksi katsottavista sähkölaitteiston muutos- ja laajennuksista.

## Varmennustarkastuksen ajankohta, sisältö ja suorittaja /9/.

Varmennustarkastus on tehtävä ennen sähkölaitteiston varsinaista käyttöönottoa, jos se on haltijan vaatimus tai 3 kk sisällä käyttöönotosta. Varmennustarkastus aloitetaan yleensä toteamalla, onko standardista poikkeamia ja ne tarkistetaan ensin. Varmennustarkastuksessa on riittävässä laajuudessa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistettava, että sähkölaitteisto täyttää sähköturvalisuudelle ja sähkömagneettiselle yhteensopivuudelle säädetyt vaatimukset ja sähkölaitteistolle on tehty asianmukainen käyttöönottotarkastus. Varmennustarkastukseen on aina sisällytettävä kohteessa mahdolliset olevat lääkintätilat, räjähdysvaaralliset tilat ja palovaaralliset tilat. Varmennustarkastuksen voi tehdä 75 §:ssä tarkoitettu valtuutettu laitos tai valtuutettu tarkastaja. Varmennustarkastuksen tekijän on laadittava sähkölaitteiston haltijan käyttöön tarkastustodistus ja kiinnitettävä pääkeskukseen tai vastaavaan kohtaan tarkastustarra. Laitteiston haltijan on säilytettävä tarkastustodistus vähintään kymmenen vuotta. Valtioneuvoston asetuksella säädetään tarkemmin varmennustarkastuksen ajankohdasta erityyppisille laitteistoille sekä tarkastustodistuksen ja tarkastustarran sisällöstä.

ES-Projektit Oy:llä on erillinen yhteistyökumppaniverkosto, jota käytetään varmennustarkastuksissa. Vaikka laki antaa mahdollisuuden suorittaa varmennustarkastuksen kolme kuukautta kohteen valmistumisesta, on käytännössä varmennustarkastus pidettävä muutamia viikkoja ennen kohteen luovutusta tilaajalle. Silloin varmennustarkastajalla on estoitta mahdollisuus kiertää haluamansa asunnot pistokoeluntoisesti, kun huoneistoja ei ole luovutettu vielä asukkaille. Lisäksi urakoitsijalle jää hieman aikaa mahdollisten virheiden ja puutteiden korjaamiseen.

### 2.3 Käyttöönottotarkastukset

Käyttöönottotarkastajan tulee tutustua kohteeseen ja tarkastaa asennukset ennen sen käyttöönottoa SFS 6000:n luvun 61 mukaan. Standardissa on erikseen myös määritelty, että kaikille uusille ja keskeneräisille käyttöönotettaville sähköasennuksille on tehtävä

käyttöönottomittaus. Mittaukset kuuluvat sähkölaitteiston rakentajalle. Mittausten ja tarkastusten suorittajan pitää olla sähköalan ammattihenkilö ja riittävän pätevä tekemään tarkastuksia. ES-Projektit Oy:ssä päämittaajana on tehtävään perehdytetty sähköinsinööri ja mittausapuna toimia asentaja. Tarkastuksen suorittajan on tehtävä kaikki tarvittavat mittaukset ja testaukset, joiden kautta todetaan SFS 6000:n standardisarjan vaatimusten täyttyminen.

#### SFS 6000, luku 61, Käyttöönottotarkastukset /3/

**61.1.1** Jokainen sähköasennus on tarkastettava asennuksen aikana ja/tai sen valmistuttua ennen kuin se otetaan käyttöön. Koko asennustyön ajan on tehtävä aistinvaraista tarkastusta ja mahdollisia muistiinpanoja.

**61.1.2** SFS 6000-5-51 kohdassa 514.5 vaaditut dokumentit ja muut tarpeelliset tiedot on annettava käyttöönottotarkastusta suorittavien henkilöiden käyttöön.

**61.1.3** Käyttöönottotarkastukseen pitää sisältyä tarkastuksen tuloksen ja vaatimuksen välinen vertailu, jolla vahvistetaan, että SFS 6000 standardien vaatimukset täyttyvät.

**61.1.4** On ryhdyttävä sellaisiin toimenpiteisiin, että vaikka piiri olisi viallinen, tarkastus ei aiheuta vaaraa henkilöille tai kotieläimille eikä vahingoita omaisuutta ja laitteita.

**61.1.5** Kun olemassa olevaa asennusta korjataan, muutetaan tai laajennetaan, on todettava, että korjaus, muutos tai laajennus on vaatimusten mukainen ja se ei heikennä olemassa olevan asennuksen turvallisuutta.

**61.1.6** Tarkastuksen suorittajan pitää olla sähköalan ammattihenkilö ja pätevä tekemään testauksia.

Seuraavassa on käyttöönottotarkastuksen tekijälle luovutettavat SFS 6000-5-51 kohdassa 514.5 olevat dokumentit asennuskohteesta listattuna.

#### 514.5 Piirustukset /4/

**514.5.1** Sähköasennusten dokumentointiin on käytettävä standardien SFS-EN 61082 ja SFS-EN 81346 mukaan laadittuja kaavioita, piirustuksia ja taulukoita, joista ilmenee erityisesti seuraavat tiedot:

virtapiirien laji ja rakenne (kulutus pisteiden sijainti, johtimien lukumäärä ja koko, johtolaji, johtojen tyypit), sekä

tiedot, joiden avulla suoja-, kytkin- ja erotuslaitteiden ominaisuudet ja niiden sijainti voidaan tunnistaa.

Yksinkertaisista asennuksista voivat edellä mainitut tiedot olla luettelomuodossa.

Dokumenttien tulee sisältää seuraavat yksityiskohtaiset tiedot, siltä osin kuin ne ovat tarpeen kussakin asennuksessa:

johtimien tyypit ja poikkipinnat

virtapiirien pituudet, joita tarvitaan suojausta tai jännitteenalennamaa koskevien laskelmien tekemiseen (yleensä riittää mitoituksessa käytetyt maksimipituudet)

suojalaitteiden lajit ja tyypit

suojalaitteiden mitoitusvirrat tai asettelut

prospektiiviset oikosulkuvirrat ja suojalaitteiden katkaisukyvyt.

Nämä tiedot tulee olla käytettävissä asennuksen jokaisesta piiristä.

Tiedot päivitetään asennuksen jokaisen muutoksen jälkeen. Piirustuksista ja dokumenteista pitää selvittää myös peitossa olevien laitteiden sijoitukset.

Nämä tiedot tarvitaan asennuksen suojauksen toimivuuden tarkistamiseen ja ne pitää selvittää jo suunnitteluvaiheessa.

HUOM. Asennuksen määrittelyssä, rakentamisessa ja kunnossapidossa tarvitaan myös mahdollisesti muun tyyppisiä dokumentteja.

**514.5.2** Käytettyjen piirrosmerkkien on oltava standardisarjan SFS-IEC 60617 (julkaistu SFS-käsikirjana 617) mukaisia tai muuten yksiselitteisiä.

Käyttöönottotarkastukseen tulee sisältyä vaatimuksen ja tulosten välinen vertailu, jolla todennetaan, että SFS 6000 standardin vaatimukset täyttyvät. Standardi koskee myös keskeneräisten asennusten käyttöönottoa, jolloin on varmistuttava erityisesti riittävän turvallisuudesta asennuksesta ja estettävä jännitteen pääsy keskeneräiseen asennukseen. Tarkastuksessa on tällöin otettava huomioon käyttöönotetun osan vaikutus muuhun asennukseen ja tarkastaa huolellisesti mm. keskuksen sulakelukot, riittävä varoitus ”varoituskylyt”, joilla estetään jännitteen pääsy keskeneräiseen asennukseen. Sähkölaitteistolle tehtävät tyypillisimmät mittaukset ja mittausten menetelmät esitellään tämän työn luvussa 5.

### 3 Aistinvarainen tarkastus

Tarkastellaan ensiksi, mitä määräykset ja standardit määrittelevät aistinvaraisesta tarkastuksesta SFS 6000-6/61.2. /3/:

**61.2.1** Aistinvarainen tarkastus on yleensä tehtävä ennen testauksia koko asennuksen ollessa jännitteettömänä

**61.2.2** Aistinvaraisesti on tarkastettava, että kiinteän asennuksen osana olevat sähkölaitteet

ovat niitä koskevien turvallisuusvaatimusten mukaisia

HUOM. Tämä voidaan tehdä esim. tutkimalla valmistajan antamia tietoja, merkintöjä ja sertifikaatteja.

ovat standardinsarjan SFS 600 vaatimusten ja valmistajan ohjeiden mukaisesti valittuja ja asennettuja

eivät ole vaaraa aiheuttavalla tavalla näkyvästi vaurioituneita.

Aistinvaraisessa tarkastuksessa todetaan sopivassa asennustyön vaiheessa, että standardin SFS 6000 kohdan 61.2.3 vaatimukset täyttyvät seuraavasti /3/.

Aistinvaraiseen tarkastukseen pitää sisältyä seuraavat kohdat, mikäli ne liittyvät asennukseen:

- a) sähköiskulta suojaukseen käytetyt menetelmät
- b) palosuojausten käyttö ja toimenpiteet lämpövaikutuksilta suojaamiseksi sekä palon leviämisen estämiseksi tehdyt toimenpiteet
- c) johtimien valinta kuormitettavuuden ja sallitun jännitteenaleneman kannalta
- d) suoja- ja valvontalaitteiden valinta ja oikea asettelu
- e) erotus- ja kytkentälaitteiden valinta ja oikea sijoitus
- f) sähkölaitteiden ja suojausmenetelmien valinta ulkoisten tekijöiden vaikutuksen mukaan
- g) nolla- ja suojajohtimien oikeat tunnuksot
- h) yksivaiheisten kytkinlaitteiden kytkentä äärijohtimiin
- i) piirustusten, varoituskilpien tai vastaavien tietojen olemassaolo

- j) virtapiirien, varokkeiden, kytkimien. liittimien yms. tunnistettavuus
- k) johtimien liitosten sopivuus
- l) suojajohtimien, mukaan luettuna suojaavien potentiaalirasausjohtimien ja lisäpotentiaalintausjohtimien olemassaolo ja sopivuus
- m) sähkölaitteiston käytön, tunnistamisen ja huollon vaatima tila

ES-Projektit Oy:ssä asennuskohteeseen nimetty kärkimies ja sähköasentajat ovat pääasiassa vastuussa asennusaikaisesta aistinvaraisesta tarkastuksesta. Kohteessa tehtävät työaikaiset tarkastukset ovat kiinteä osa ES-Projektien jokaista kohdetta varten laatimaa laatusuunnitelmaa. Asennuskohteen kärkimies ja kaikki työhön osallistuvat asentajat ovat ohjeistettu tekemään koko asennusvaiheen ajan aistinvaraista tarkastusta, niin omista kuin muidenkin asentajien asennuksista. Asentajilla on paras tuntemus kohteesta, sen sähköistykseen asennustavasta, toteutetusta reitityksestä ja kohteeseen toimitetuista ja asennettavista koneista sekä laitteista. Projektinhoitaja tarkastaa aistinvaraisesti asennuksia käydessä työmaakerroksilla ja ottaa kuvia mahdollisuuksiensa mukaan eri asennuksista ja asennustavoista. Valokuvat tallennetaan projektikansiossa olevaan valokuvat -kansioon. Valokuvat nimetään ja yksilöidään mahdollisimman tarkasti niin, että kuvia voidaan käyttää hyödyksi mm. asennusten myöhemmässä vaiheessa mahdollisten ongelmien tai vikojen selvityksessä.

ES-Projekteilla projektinhoitaja tai projektipäällikkö tekee asennusaikaiset työkuvat ja tarkastaa työpiirustuksia tehdessä, että työ voidaan toteuttaa standardien ja määräysten edellyttämällä tavalla. Projektinhoitaja käyttää apunaan ST-kortiston mallikortteja ja toimittaa asentajille niistä kopiot selvennykseksi. Hyvä tapa on kirjoittaa työkuvien reunaan erityismaininta huomioitavaksi asentajille muistin virkistykseksi standardia koskien, kun kyseessä on esimerkiksi normaalista poikkeava asennustapa. Esimerkkikirjaus ”palo-kaapelit asennettava 30 cm:n välein kattoon palonkestävillä kannakkeilla palamattomalle pinnalle” tai ”kaapelit kiinnitettävä pystyosuuksilla 50 cm:n välein”. Projektinhoitaja vastaa myös, että työmaalle tilattu tavara on laatustandardien mukainen ja esimerkiksi valaisimet ovat CE hyväksytyjä ja merkittyjä.

Ongelmaksi muodostuvat monesti kohteessa tehtävät suunnitelmista poikkeavat asennustavat, reititysmuutokset tai tekniikan risteily suunnitelmissa toistensa läpi, jolloin kaikkien asentajien tulee osata hyvän asennustavan mukainen asennus ja standardin vaati-

mukset. Esimerkkinä voidaan ottaa palokaapeleiden asennukset, jotka välillä ovat suunniteltu standardin ja määräysten vastaisesti kulkemaan kaiken tekniikan alapuolella. Asentajien tulee aina tarkastaa kaikkien kytkemiensä ja erityisesti muiden urakoitsijoiden toimittajien laitteiden ja koneiden hyväksyttämismerkinnät, sekä soveltuvuus asennettavaan kohteeseen. Tällä toimenpiteellä varmistutaan, että asennuskohteen kaikki koneet ja laitteet ovat laatuvaatimusten ja standardin mukaiset.

Projektinhoitajalla on vastuu tilaajan erikseen määritellyistä rakennusaikaisista tarkastuksista, malliasennuksien tarkastuksista ja hyväksynnöistä sekä erityisesti niiden dokumentoinnista. Dokumentointimateriaali kerätään projektikansioon esimerkiksi kuvin, selostuksin ja pöytäkirjoin. Tarkastuksissa on useasti mukana kohteen tilaajan valvoja ja rakennuttajan talotekniikkapuolen edustaja. Esimerkkejä asennustapatarkastuksista kerrostalokohteessa ovat maadoituskuparin asennustarkastus, valun alle jäävä putkitus-tarkastus eli holviputkitarkastus, runkojohdotustarkastus, väliseinäkaapelointitarkastus, ryhmäkeskuksen asennustarkastus ja lattialämmityskaapeleiden asennustarkastus.

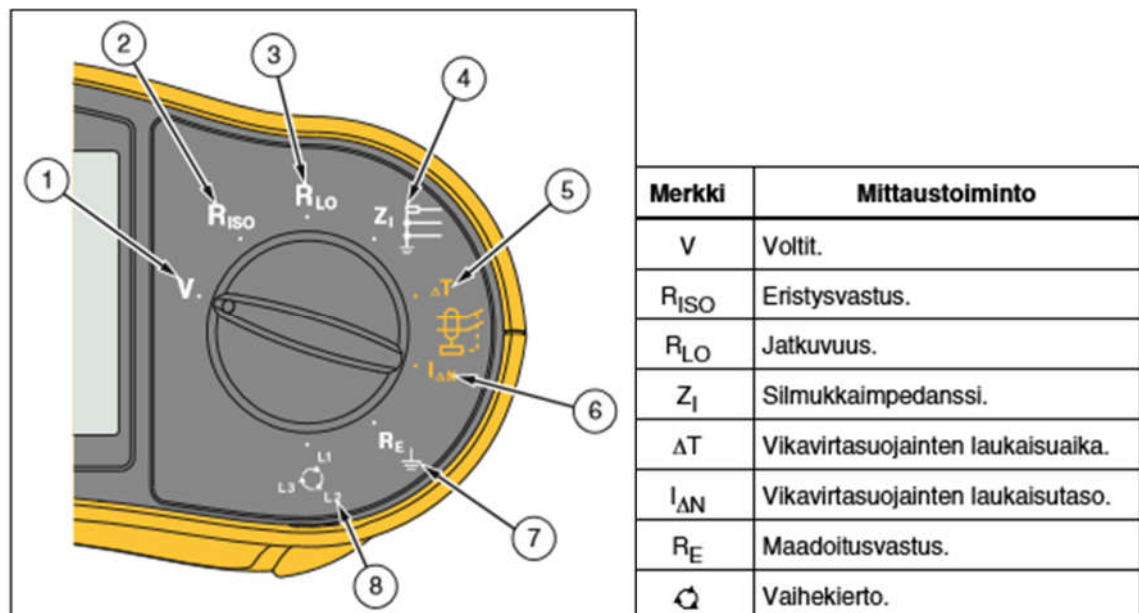
Aistinvaraisen tarkastuksen ongelmana on monesti se, että tarkastukset ja havainnot jäävät useimmiten dokumentoimatta kiireen keskellä asennustapatarkastuksia lukuun ottamatta. Kehitysehdotuksena ES-Projektit Oy:lle onkin asennusten dokumentointi kuvin, joihin voi lisätä kommentteja ja havaintoja. Monet rakennusliikkeet ovat ottaneet käyttöönsä Concrid-ohjelmiston, joka on tarkoitettu rakennustuotannon hallintaan. Monet rakennusliikkeet tekevät jo omaa dokumentointia ohjelmiston kautta. Jos sähköurakoitsija käyttäisi samaa ohjelmaa, voidaan kaikki kootusti dokumentoida projektin osalta ohjelmistoon ja reagoida puutteisiin oikea-aikaisesti. Tällöin vältetään monelta ulkomuistissa olevalta puutekorjaukselta ja inhimillisestä unohduksesta, kun asian voi tarkastaa ja kuittaa tehdyksi ohjelmasta. Myös vuosien jälkeen voidaan tarkastaa asennuksia, josta elinkaariajattelun osalta on suurta hyötyä esimerkiksi huollettaessa tai saneerattaessa kiinteistöä.



#### 4 Mittaukset ja toiminnalliset kokeet SFS 6000

Tarkastuksen suorittaminen ja erityisesti oikea-aikainen tarkastusten ajoitus voi välillä olla hyvinkin vaikeaa projektien tiukan aikataulun ja monen projektin kanssa päällekkäin, mutta on todella tärkeä erityisesti turvallisuuden kannalta. Käyttöönottomittauksista on tarvittaessa tehtävä erillinen aikataulu, josta selviää mitä mittauksia tehdään missäkin työvaiheessa. Mittauksissa tulee kiinnittää huomiota erityisesti turvaetäisyyksiin, määräysten täyttymiseen ja riittävän asennuslaadun varmistamiseen.

Mittauksia varten ES-Projektit Oy:ssä on käytössä Fluken mallisarja 1653, joka on paristokäyttöinen sähköasennustesteri. Testerin on tarkoitettu mittaamaan ja testaamaan kuvan 1 mukaisia ominaisuuksia.



Kuva 1. Testerin Fluke 1653 /14/.

Testerillä saadaan tehtyä kaikki kohteessa tehtäväksi tarkoitetut mittaukset ja tallennuskin on mahdollista 500 mittaukselle. Usein on huomattu, että isomman kohteen mittaukseen eivät muistipaikat riitä yhdeksi mittauspäiväksi, jolloin manuaalinen tulosten kirjaus on todettu varmaksi ja toimivaksi. Jos tulokset halutaan suoraan sähköiseen muotoon ja tarkastella mittaustuloksia suoraan standardin rajoihin, on vartenotettava vaihtoehto mittarityypin päivitys parametrilliseen vaihtoehtoon.

#### 4.1 Mittausjärjestys

Taulukon 1 vertailupohjaksi on standardista SFS 6000-6 61.3 lainaus suoritettavista mittauksista. Mittaukset ja testit suoritetaan mieluiten seuraavassa järjestyksessä, kun ne liittyvät asennuksiin: /5/

- a) Suojajohtimien jatkuvuuden (kohta 61.3.2)
- b) Sähkölaitteiston eristysresistanssin mittauksen (kohta 61.3.3)
- c) SELV- ja PELV –piirien tai sähköisesti erotettujen piirien erotus (kohta 61.3.4)
- d) Lattia- ja seinäpintojen resistanssi (kohta 61.3.5)
- e) Syötön automaattisen poiskytkennän toiminnan toiminta (kohta 61.3.6)
- f) Lisäsuojaus (kohta 61.3.7)
- g) Napaisuustesti (kohta 61.3.8)
- h) Kierosuunnan mittaus (kohta 61.3.9)
- i) Toiminta- ja käyttötestit (kohta 61.3.10)
- j) Jännitteenalenema (kohta 61.3.11).

Standardin SFS 6000-6 61.3 edellyttämiä mittauksia, niiden edellytyksiä ja vaatimuksia käsitellään tämän luvun seuraavissa alaluvuissa.

Onnistuneelle projektille tulee laatia erillinen aikataulu mittausajankohtien, mitattavien kohteiden ja mittauksen osalta. Kun mittaukset ajoitetaan mahdollisimman oikea-aikaisiksi, vältetään muun muassa ylimääräisten keskuskansien ja nollajohtimen irrotuksilta sekä turhilta sähkökatkoilta jännitteettömänä tehtävien mittauksen ajaksi. Mittausprosessia saadaan tätä kautta kokonaisvaltaisesti tehostettua sekä ajallisesti, että rahallisesti.

Olen laatinut mittausjärjestystaulukon 1 helpottamaan käytännön mittausjärjestystä. Jos mitataan eristysvastusmittaus standardin suositusten vastaisesti ensimmäisenä, voidaan varmistua, että verkko ei jakaannu vahingossa jossakin kohdassa, sillä muuten suojajohtimen jatkuvuus ei vastaa todellista arvoaan.

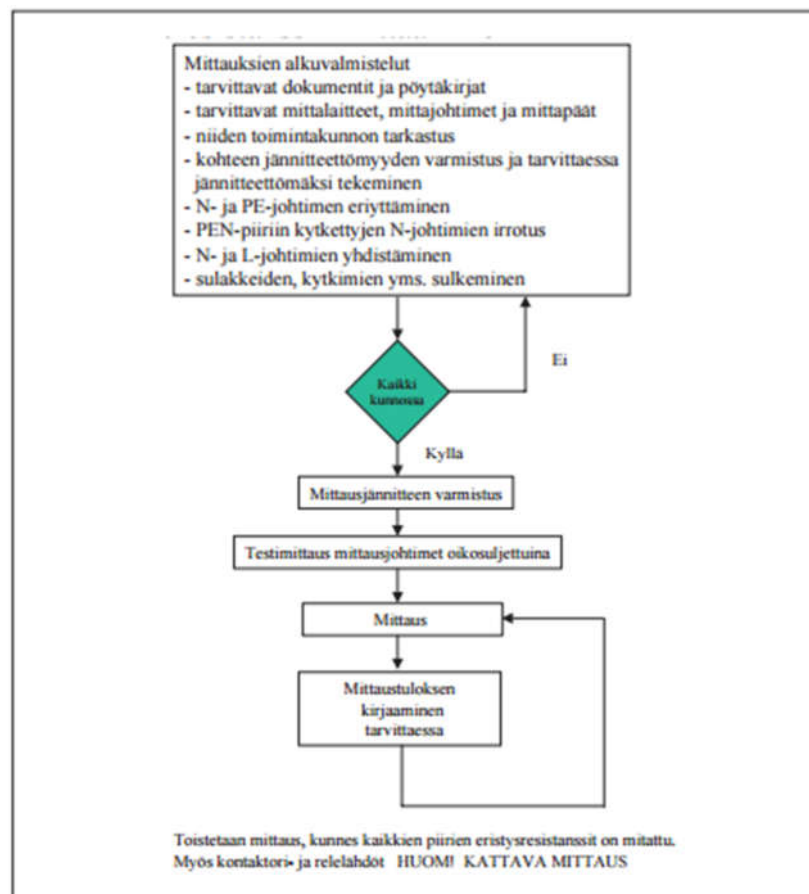
Taulukko 1. Käyttöönottomittauksen käytännön mittausjärjestys asuntokohteessa.

Mit- taus- jär- jes- tys	Mittaus	Tekijä ja do- kumentointi	Ajankohta	Missä	Huom!
<b>Jännitteettömät mittauk- set:</b>					
1	Lämmityskaapeli eristys- vastus- ja vastus mittaus	Asentaja	Lämmityskaapeli asennuksen jälkeen ja peiton jälkeen	Lämmityskaapeli si- jainti	
2	Syöttökaapeli eristysvas- tusmittaus	Asentaja	Syöttökaapeli asennuksen jäl- keen	PK/KK, tai mahd. työ- maakeskus	
3	PK- keskusten syöttökaape- li eristysvastusmittaus	Proj. hoitaja	Syöttökaapeli asennuksen jäl- keen	PK/KK	Nolla johdin irti
4	MK- RK syöttökaapeli eristys- vastusmittaus	Proj. hoitaja/ Asentaja	Syöttökaapeli asennuksen jäl- keen, ennen tasoite ja maalaus- töitä	Mittauskeskuksista	Nolla johdin irti
5	Suojajohtimen jatkuvuus, asunnot	Proj. hoitaja	Ryhmäkeskus-huoneiston laitteet	Ko. keskus - asennukset	
6	Eristysvastusmittaus, asun- not	Proj. hoitaja	Asuntojen kalustamisen jälkeen keskuksen ryhmistä	Asunnon RK	Nolla johdin irti
7	Suojajohtimen jatkuvuus, yleiset tilat	Proj. hoitaja	MEB- maadoituskaavion mukaiset CU:t	MEB – kohde, JK-laite	
<b>Jännitteelliset mittaukset:</b>					
8	RK syötön vastaavuus MK sähkölaitteisiin	Proj. hoitaja/ Asentaja	Kun keskuksiin kytketään jännite ja jännitteettömät mittaukset tehty	MK ja RK:t	
9	Kiertosuunnan tarkastus	Proj. hoitaja/ Asentaja	Kun keskuksessa on kytketty, yh- dessä 8. mittauksen kanssa	Kohteen kaikki keskuks- set	
10	Jännite- ja taajuusmittaus	Proj. hoitaja	Kun kaikki asennukset on tehty ja sähköt päällä	Jokaisen keskuksen ryh- mät	Yhdistetään mittauksiin 12 ja 14
11	Silmukkaimpedanssin ja oi- kosulkuvirran mittaus	Proj. hoitaja	Kun kaikki asennukset on tehty ja sähköt päällä	Jokaisen keskuksen pi- simmät ryhmät	
12	Vikavirtasuojakytkimen tes- taus ja mittaus	Proj. hoitaja	Kun kaikki asennukset on tehty ja sähköt päällä	Vikavirralliset ryhmät	
13	Palovaroittimien testaus	Proj. hoitaja/ Asentaja	Kun kaikki asennukset on tehty ja sähköt päällä	Huoneistot ja yleiset ti- lat	Tehdään erillinen pöytäkirja
14	Valopisteiden testaus ja oi- kean kytkimen vaikutuksen testaus	Proj. hoitaja/ Asentaja	Kun kaikki asennukset on tehty ja sähköt päällä	Huoneistot ja yleiset ti- lat	
15	Turva- ja poistumistievalo- jen testaus	Proj. hoitaja/ Asentaja	Kun kaikki asennukset on tehty ja sähköt päällä	Yleiset tilat, poistumis- tiet	Tehdään erillinen pöytäkirja
16	Vika/puutelistojen teko ja korjauksien jälkeen tarvit- taessa uudelleen mittaus	Proj. hoitaja/ Asentaja	Käyttöönottomittauksen aikana	Huoneistot ja yleiset ti- lat	Puutelisto- jen korjauk- sissa asen- tajan kuit- taus

#### 4.2 Sähköasennuksen eristysresistanssin mittaus.

Sähköasennusten eristysresistanssimittaus on jännitteetön mittaus, ja mittauksella varmistetaan, että jännitteiset osat ovat riittävän eristettyjä maasta. Alkuvalmisteluihin kuuluu myös kaikkien sulakkeiden, johdonsuoja-automaattien, vikavirtasuojakytkimien, ohjaus- ja käyttökytkimien yms. laittaminen kiinni-asentoon /13, s.23/. Kuvassa 2 on esitetty eristysresistanssin mittausprosessi. Mitattava verkko erotetaan syötöstä (vähintään nollajohdin) ja mitattavan verkon jännitteiset johdot (äärijohtimet ja nollajohdin) voidaan liittää yhteen, jolloin eristysresistanssi mitataan kaikkien jännitteisten johtojen ja maadoituksen väliltä. Eristysresistanssi voidaan mitata myös jokaisen johtimen väliltä, kuten standardi suosittelee palovaarallisten tilojen osalta.

Palovaarallisissa tiloissa suositellaan, että eristysresistanssi mitataan lisäksi kaikkien jännitteisten johtimien väliltä (vaihtopiireissä kaikkien vaihejohtimien väliltä sekä vaihejohtimien ja nollajohdinten väliltä). Tämä mittaus voi olla tarpeen suorittaa asennusten teon aikana ennen laitteiden kytkentää /5/.



Kuva 2. Eristysresistanssin mittausprosessi /13, s.20/.

Eristysresistanssimittauksessa saadaan selville myös useimmat asennusvirheet ja mahdolliset keskeneräiset asennukset. Mikäli mittauksessa ei saavuteta vaadittua eristysresistanssia taulukon 2 mukaan, tulee mittauksia tehdä pienempi ryhmä kerrallaan niin, että taulukon antama minimiarvo saavutetaan. Yksittäistä ryhmäjohtotasoa pienemmäksi ei mittausaluetta saa kuitenkaan pienentää. Jos tällöinkään ei vielä saavuteta standardin mukaista eristysresistanssin arvoa, tulee syy selvittää esimerkiksi oheisen luettelon mukaan ja vika poistaa /13, s.24/.

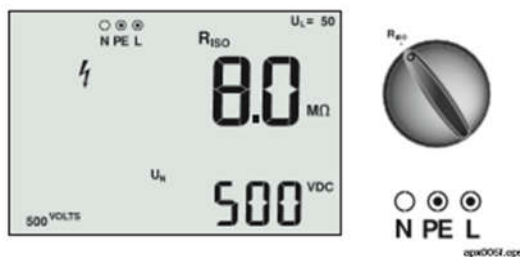
- Mittauskytkentä on tehty väärin
- Kaapeliasennus on keskeneräinen: johtimet yhdessä tai vettä/kosteutta kaapelin päässä.
- N- ja L-johdin ovat vaihtaneet jossakin paikkaansa, esimerkiksi valaisinkytkennöissä.
- Energiamittauksen PEN-liitin on kytketty nollajohtimeen (mittaus tehtävä mieluiten ennen kWh-mittarien asennusta)
- Jossakin laitteessa on tehty nollaus.
- Mikäli vika ilmenee PEN ja N-johtimien välissä, irrota keskuksen nollajohtopiirin paksumpia johtimia jolloin vika paikallistuu liitinkiskon tarkkuudella.
- Mittauspiirissä on vieras jännite, esimerkiksi yli 10 V.
- Vika on jossakin kontaktori- tai ohjauspiirissä.

Taulukko 2. Eristysresistanssin pienimmät sallitut arvot /6, s.355/.

<b>Virtapiirin nimellisjännite V</b>	<b>Koejännite (tasajännite) V</b>	<b>Eristysresistanssi MΩ</b>
SELV ja PELV	250	≥ 0,5
Enintään 500 V, FELV mukaan luettuna	500	≥ 1,0
Yli 500 V	100	≥ 1,0

Standardi määrittää eristysvastuksen riittävän hyväksi, kun mittaustulokset ovat yhtä suuret kuin taulukon 2 arvot. Käytännössä mittaukset ovat lähes poikkeuksetta yli 500 MΩ mitattaessa 500 VDC, kun mitattavat johtimet ovat olleet kuivissa tiloissa eikä altistuneet kosteudelle. ES-Projekteilla käytössä olevalla käyttöönottomittarilla suoritetaan mittaus kuvan 3 ohjeen mukaan.

### Eristysvastuksen mittaaminen



Kuva 8. Eristysvastuksen näyttö / Kytin- ja liitinasetukset

#### ⚠ Varoitus

Mittaukset on tehtävä virrattomissa piireissä.

Mittaa eristysvastus seuraavasti:

1. Käännä kiertokytkin  $R_{ISO}$ -asentoon.
2. Käytä L- ja PE-liittimiä (punainen ja vihreä) tähän testiin.

3. Valitse testijännite käyttämällä  $\odot$ :ää. Useimmat eristystestit tehdään 500 V:lla, mutta ota huomioon paikalliset määräykset.
4. Paina ja pidä alhaalla  $\odot$  kunnes lukema vakaantuu ja testeri piippaa. Useimmissa testeissä sinun on käytettävä koetinta etäohjauksen  $\odot$ -painikkeella.

#### Huomautus

Testaus estetään, jos linjassa havaitaan jännite.

- Eristysvastus näkyy ensisijaisessa (ylimmässä) näytössä
- Varsinainen testijännite näkyy toissijaisessa (alemmassa) näytössä.

#### Huomautus

Normaalissa eristyksessä, jossa on korkea vastus, varsinaisen testijännitteen ( $U_N$ ) tulisi aina olla korkeampi kuin ohjelmoitu jännite. Jos eristys on huono, testijännite pienennetään automaattisesti testin virran rajoittamiseksi turvallisiin rajoihin.

Kuva 3. Ohje Fluke 1653 testerille mitattaessa eristysvastusmittausta. Mittarin vihreä liitetään mitattavaan maadoitukseen (PE) ja punaisella mitataan jännitteiset johtimet /14/.

On hyvä muistaa tarkastaa, ettei testattavassa piirissä ole laitteita jotka voivat vaikuttaa mittauksiin tai voisivat rikkoutua testijännitteestä herkkyytensä takia. Kyseisiä laitteita ovat esimerkiksi

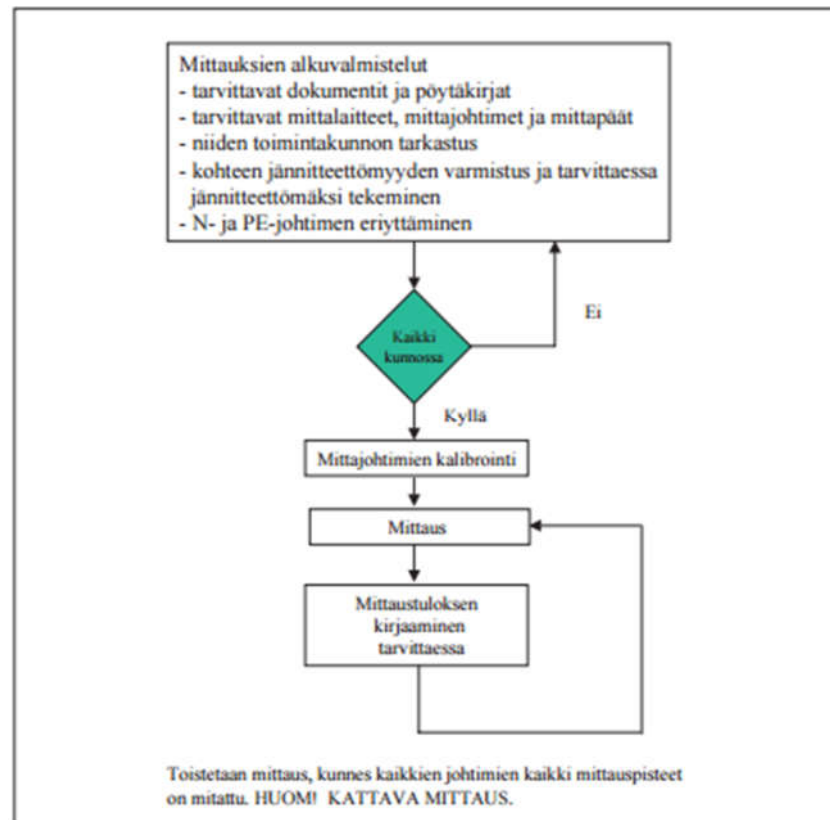
- valaisinten elektroniset liitäntälaitteet
- termostaatit
- ylijännitesuojat
- moottoreiden taajuusmuuttajat.

Jos tällaisia laitteita ei kohtuudella voida erottaa, koejännite voidaan pienentää 250 V tasajännitteeseen, mutta eristysresistanssin arvon pitää olla vähintään 1 MΩ /6/. Jos näin menetellään, tulee tarkastuspöytäkirjaa tehdä selvät merkinnät /13, s.23/.

### 4.3 Suojajohtimen jatkuvuus

Suojajohtimien jatkuvuusmittaukset tulee tehdä jännitteettömässä laitteistossa, kuten eristysvastusmittaus. Suojajohtimen ja nollajohtimen yhdistys on poistettava TN-S-järjestelmässä mittauksen ajaksi, sillä muuten ei voida huomata nolla- ja suojajohtimen kyt-kentävirheitä. Jos mittavassa keskuksessa on 4-napainen pääkytkin, ei tarvitse nollajoh-

dinta erikseen mittauksen ajaksi irrottaa. Kaikki irrotetut nollajohtimet tulee yhdistää mitausten jälkeen takaisin paikoilleen. Kuvassa 4 on erikseen esitetty suojajohtimen jatkuvuuden mittausjärjestys havainnollisesti sekä kuvassa 7 Fluken asennustesterin mitausohjeet.



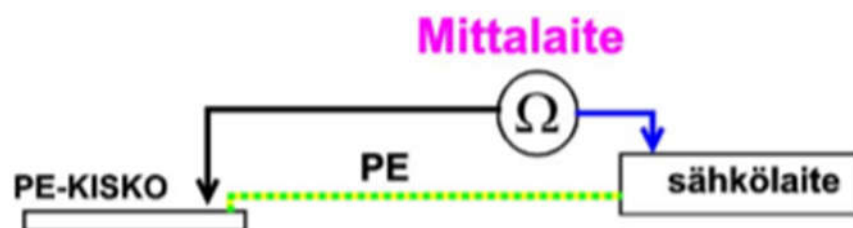
Kuva 4. Suojajohtimen jatkuvuuden mittausprosessi /13, s.20/.

Mittalaitestandardin mukaan mittauksessa käytettävä jännite on kuormittamattomana oltava 4 – 24 V tasa- tai vaihtojännitettä ja maksimivirta on 200 mA /7, s.339/. Tyypillisesti kunnossa olevat mittaukset vaihtelevat 0 – 2  $\Omega$ :n välissä riippuen johdon pituuden mukaan. Liian suureen resistanssiarvoon on syynä usein huono liitos (esim. liitos PE-kiskoon jäänyt kiristämättä) tai puhdas kytkentävirhe (esim. nolla ja suojamaa on kytketty ristiin). Taulukossa 3 on esitetty kupari- ja alumiinijohtimien resistanssiarvoja vertailuarvoksi mitatulle tulokselle.

Taulukko 3. Alumiini- ja kuparijohtimien resistanssiarvoja /13, s.19/.

Johdin- poikki- pinta-ala mm <sup>2</sup>	Kuparijohdin		Alumiinijohdin	
	Resistanssi metriä kohti $\Omega$	Resistanssi 100 metriä kohti / $\Omega$	Resistanssi metriä kohti $\Omega$	Resistanssi 100 metriä kohti / $\Omega$
1,5	0,0115	1,15	–	–
2,5	0,0069	0,69	–	–
4	0,0043	0,43	–	–
6	0,0029	0,29	–	–
10	0,0017	0,17	–	–
16	0,0011	0,11	0,0018	0,18
21	0,0008	0,08	–	–
25	0,0007	0,07	0,0011	0,11
35	0,0005	0,05	0,0008	0,08
41	0,0004	0,04	–	–
50	0,00035	0,035	0,0006	0,06
57	0,0003	0,03	–	–
70	0,00025	0,025	0,0004	0,04
95	–	–	0,0003	0,03
120	–	–	0,00024	0,024
150	–	–	0,00019	0,019
185	–	–	0,00015	0,015

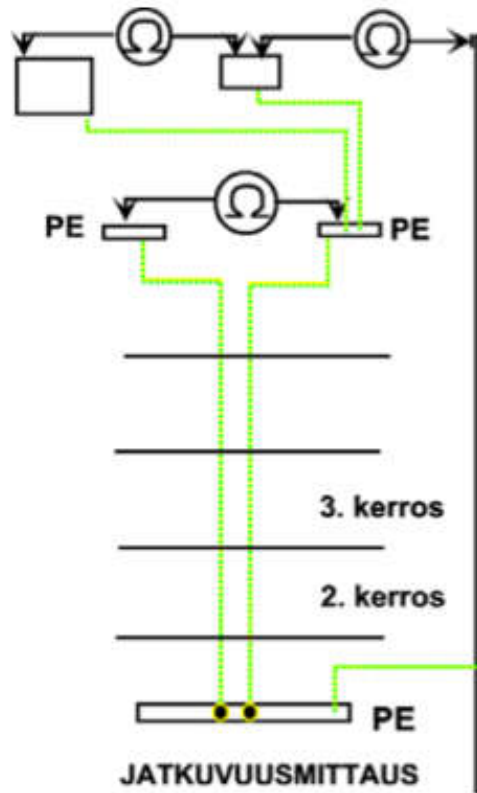
Suojajohtimen jatkuvuusmittaus tulee mitata kuvan 5 osoittamalla tavalla kaikista suoja-johtimista, joita ovat maadoitusjohtimet, suojamaadoitusjohtimet, potentiaalitasausjohtimet sekä PEN-johtimet. Kohteen maadoituskaavio esimerkkikuva 8 helpottaa potentiaalitasauskiskojen ja -johtimien löytämistä. Mittaukset kannattaa aloittaa kiinteistön pääpotentiaalitasauskiskosta ja siirtyä kerros tai keskus kerrallaan eteenpäin /7, s.338/.



Kuva 5. Jatkuvuusmittaus tehdään kaikista sähkölaitteista /15/.

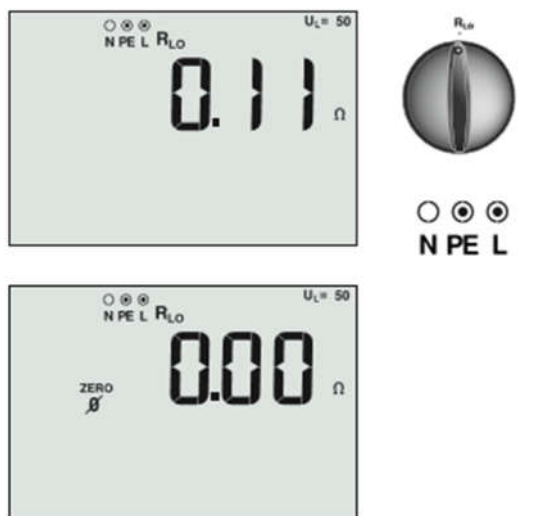


Kaukana olevien mittausten apuna voidaan käyttää kuvan 6 osoittamalla tavalla jo mitattuja suojajohtimia. Tulokset tulee kirjata mittauspöytäkirjaan esimerkiksi: "kerrostalo-asunnon B23 jatkuvuus OK, epäedullisimman pisteen mukaan RK23 / 0,28  $\Omega$  / Ryhmä 5".



Kuva 6. Mittauksen apuna voidaan käyttää suojajohtimia, mutta mittausjohtimien resistanssi tulee vähentää mittaustuloksesta tai nollata mittari johtimien kanssa ennen mittauksen aloittamista /15/.

### Jatkuvuuden mittaaminen



Kuva 9. Jatkuvuus ja jatkuvuuden nollanäyttö / Kytkin- ja liitinasetukset

Jatkuvuustestiä käytetään tarkistamaan yhteyksien eheydet tekemällä korkean erottelutarkkuuden vastusmittaus. Tämä on erityisen tärkeää suojausmaadoituksen yhteyksien tarkistamisessa.

#### Huomautus

*Paikoissa, joissa sähköpiirit on asetettu kehään, on suositeltavaa, että tarkistat kehän päästä päähän sähkötaulussa.*

#### ⚠ ⚠ Varoitus

- Mittaukset on tehtävä vain virrattomissa piireissä.
- Impedansseilla, rinnakkaispiireillä tai transienttivorroilla voi olla negatiivinen vaikutus mittauksiin.

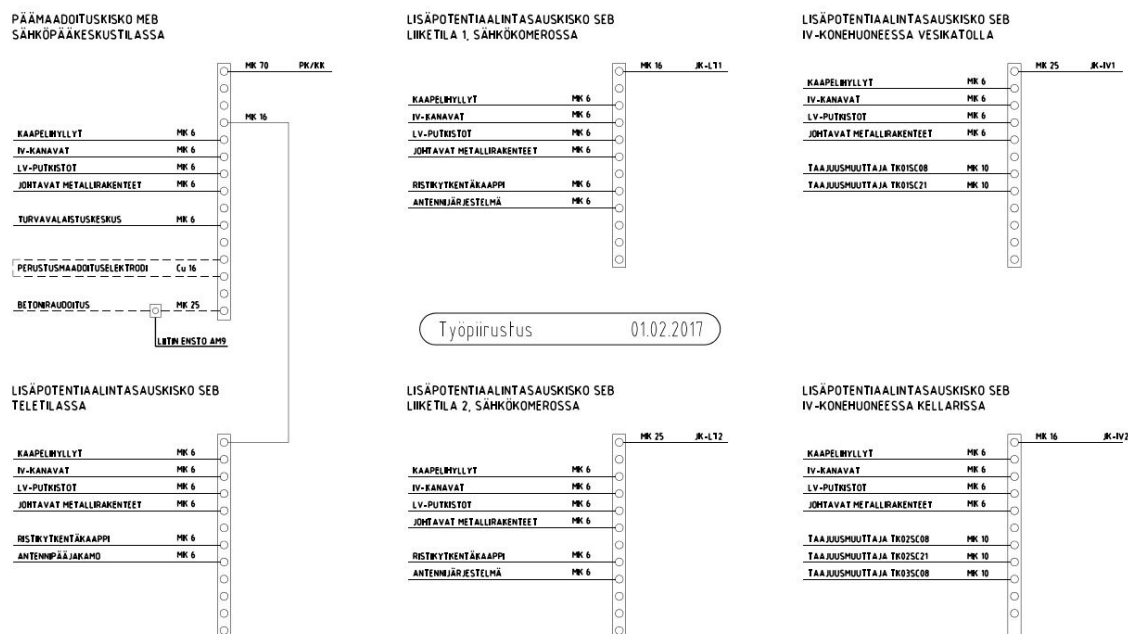
#### Mittaa jatkuvuus seuraavasti:

1. Käännä kiertokytkin  $R_{LO}$ -asentoon.
2. Käytä L- ja PE-liittimiä (punainen ja vihreä) tähän testiin.

3. Ennen jatkuvuustestin suorittamista oikosulje testijohtimien päät yhteen ja paina ja pidä Z painettuna kunnes  $\overline{ZERO}$  (NOLLA) -ilmoitin tulee näyttöön. Testeri mittaa koettimen vastuksen, tallentaa lukeman muistiin ja vähentää sen lukemista. Vastusarvo pysyy muistissa, vaikka virta katkaistaan, joten toimintoa ei tarvitse toistaa joka kerta instrumenttia käytettäessä.
4. Paina ja pidä alhaalla  $\overline{ZERO}$  kunnes lukema vakaantuu ja testeri piippaa. Testi estetään, jos piirissä on virtaa, ja vaihtovirtajännite näkyy toissijaisessa (alemmassa) näytössä.

Kuva 7. Suojajohtimen jatkuvuuden mittaus ohje Fluke 1653 -testerille /14/.

Käyttöönottomittarilla mitattaessa tulee erityisesti muistaa nollata mittarin testijohtimet ja mahdolliset lisäjohtimet, kuten kuvan 7 mittausohjeessa mainitaan, sillä muuten suojaamaan jatkuvuuden tulos vääristyy mittausjohtimen verran. Toinen vaihtoehto on vähentää mittauksista jälkikäteen testijohtimien resistanssarvo.



Kuva 8. Asuinkerrostalon esimerkki maadoituskaavio.

Esimerkiksi maadoituskiskolta suojajohtimen jatkuvuusmitattavia kohteita ovat kuvan 8 mukaan:

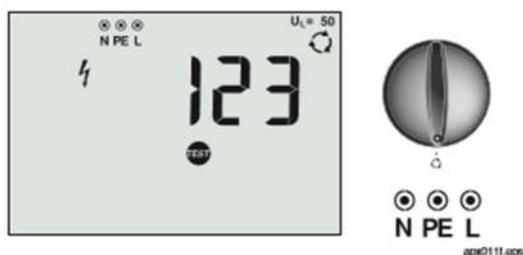
- pääkeskuksen PE-kisko
- kiinteistökeskuksien PE-kiskot
- kiinteistökeskusten maadoitusjohtimet
- metalliset johtotiet ja rakenteet
- taajuusmuuttajat
- kaikki metalliset LVI-kanavat ja putket.

#### 4.4 Kiertosuunnan tarkastus

Kiertosuunnan mittaus eli vaihejärjestyksen testaaminen keskuksella on helppoin tehdä pääkytkimen vaiheiden navoista. Luontevin tapa mittausajankohdalle on jännitteettömien mittausten jälkeen muiden jännitteisten mittausten kanssa samanaikaisesti. Tällöin voidaan optimoida ajan käyttöä, kun esimerkiksi keskuksen kannet tarvitsee avata vain kertaalleen. Asuntokohteen ryhmäkeskuksissa (RK) voidaan mittaus tehdä samaan aikaan kun testataan mittauskeskuksen asunnon sähkömittarin vastaavuutta syötettyyn huoneistoon.

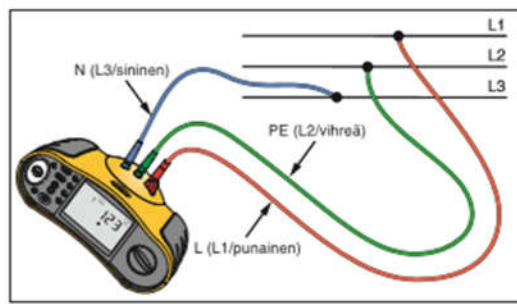
Väärä pyörimissuunta aiheuttaa kolmivaihemoottorin pyörimisen väärään suuntaan ja voi rikkoa vastakkaiseen suuntaan pyörivän moottorin. Virheellisen kiertosuunnan voi korjata helpoiten kahden vaiheen paikkaa vaihtamalla. (esim.  $L1 \longleftrightarrow L3$ ). Asuntojen ryhmäkeskuksissa on harvoin kolmivaihemoottoireita, mutta kiertosuunta on hyvä mitata oheisen kuvan 9 mukaan mittajohtimien avulla ja dokumentoida mittauspöytäkirjaan keskuskohtaisesti.

#### Vaihejärjestyksen testaaminen (vain malli 1653)



Kuva 20. Vaihejärjestyksen näyttö / Kytin- ja liitinasetukset

Käytä kuvassa 21 olevaa kytkentää vaihejärjestystestin kytkennässä.



Kuva 21. Vaihejärjestystestin kytkentä

#### Suorita vaihejärjestystesti seuraavasti:

1. Käännä kiertokytkin -asentoon.
2. Ensisijaisessa (ylemmässä) näytössä näkyy:
  - 123 oikealle vaihejärjestykselle.
  - 321 käänteiselle vaihejärjestykselle.
  - Katkoviivat (---) numeroiden sijaan, jos riittämätön jännite havaitaan.

Kuva 9. Fluke 1653 -testerille ohje kiertosuunnan tarkastamisesta /14/.

Kiertosuunta tarkastetaan myös kolmivaiheisista pistorasioista, joissa kannattaa käyttää helppoutensa takia apuna erilaisia adaptereita, jotka indikoivat kiertosuunnan. Adapteriin saadaan kiinnitettyä suoraan mittaustesterin pistotulppa, jolloin voidaan samanaikaisesti mitata muut ryhmästä tarvittavat jännitteelliset mittaukset.

#### 4.5 Jännite- ja taajuusmittaus

Jännite- ja taajuusmittaus tulee asuntokohteissa tehdä erikseen kaikissa vikavirratto-  
missa ryhmissä, jolloin voidaan varmistua, että kytkennät ovat tehty oikein. Asunnoissa  
kyseisiä ryhmiä ovat lähinnä jää- ja pakastinkaapin pistorasiat. Mittaukset toteutetaan  
Fluken mittarilla kuvan 10 mukaan tai vaihtoehtoisesti Duspól -jännitetesterillä.

##### **Mittausten suorittaminen**

##### **Volttien ja taajuuden mittaaminen**



##### **Mittaa jännite ja taajuus seuraavasti:**

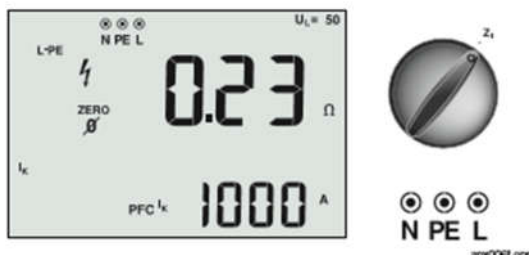
1. Käännä kiertokytkin V-asentoon.
2. Käytä L- ja PE-liittimiä (punainen ja vihreä) tähän testiin. Voit käyttää testijohtimia tai verkkojohtoa, kun mittaat vaihtovirran jännitettä.
  - Vaihtovirtajännite näkyy ensisijaisessa (ylemmässä) näytössä. Testeri lukee vaihtovirran 500 V:iin asti.
  - Taajuus näkyy toissijaisessa (alemmassa) näytössä.

Kuva 10. Volttien ja taajuuden mittaus ohje Fluke 1653 -testerille /14/.

#### 4.6 Syötön automaattinen poiskytkentä

Sähköjärjestelmän tulee olla suojattu siten, että siihen syntynyt vika kytkeytyy tietyssä  
ajassa automaattisesti pois tai sen virta rajoittuu vaarattoman pieneksi. Syötön auto-  
maattinen poiskytkentä tarkastetaan yleisimmin mittaamalla vikavirtapiirin silmukkaim-  
pedanssi. Seuraavassa on ohje, miten mittaukset tehdään Fluken 1653 -testerillä kuvan  
11 mukaan. Vaadittavat mitattavat arvot ovat johdonsuojien osalta taulukon 4 mukaisia  
ja gG – sulakkeiden osalta taulukon 5 mukaisia.

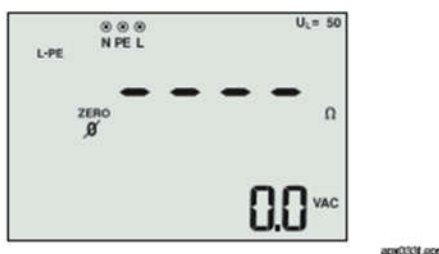
### Silmukka-/linjaimpedanssin mittaaminen



Kuva 10. Silmukka-/linjaimpedanssi/Kytkin- ja liittinasetukset

### Silmukkaimpedanssi

Silmukkaimpedanssi on lähdeimpedanssi, joka mitataan linjan ja suojausmaadoituksen välillä. Voit myös mitata mahdollisen vikavirran (PFC, Prospective Fault Current), joka on virta, joka voisi mahdollisesti virrata, jos vaihejohdin oikosuljetaan suojausmaadoitusjohtoon. Testeri laskee PFC-arvon jakamalla mitatun verkkojännitteen silmukan impedanssilla.



Kuva 11. Näyttö nollaamisen jälkeen

4. Paina ja vapauta  $\ominus$ . Odota, kunnes testi on valmis.
5. Silmukkaimpedanssi näkyy ensisijaisessa (ylemmässä) näytössä.
6. Lue mahdollinen vikavirta (PFC) painamalla  $\oplus$ -näppäintä ja valitsemalla  $I_k$ . PFC näkyy ampeereina tai kiloampeereina toissijaisessa (alemmassa) näytössä.
7. Jos verkossa on liikaa kohinaa, Err 5 tulee näyttöön. (Mitatun arvon tarkkuus heikkenee kohinasta). Tuo mitattu arvo näyttöön painamalla alanuolta  $\downarrow$ . Palaa Err 5 -näyttöön painamalla ylänuolta  $\uparrow$ .

### Huomautus

Jos L- ja N-liittimet käännetään, testeri vaihtaa ne automaattisesti sisäisesti keskenään ja jatkaa testausta. Jos testeri on määritetty käytettäväksi Isossa-Britanniassa, testaus pysähtyy ja liittimet on vaihdettava keskenään manuaalisesti. Tämä tilanne osoitetaan liittimen ilmaisimerkin ( $\oplus \ominus$ ) ylä- tai alapuolella olevilla nuolilla.

### Mittaa silmukkaimpedanssi seuraavasti:

1. Käännä kiertokytkin  $Z_1$ -asentoon.
2. Valitse L-PE painamalla  $\oplus$ .
3. Ennen mittausta, nollaa testijohtimet oikosulkemalla kaikki 3 johdinta yhteen toisessa päässä (pois mittarista) ja paina ja pidä Z painettuna kunnes  $\oplus \ominus$  (NOLLA) -ilmoitin tulee näyttöön. Nollaa verkkojohto kiertämällä pala paljasta lankaa pistokkeen liittimien ympärille ja paina  $\oplus \ominus$ -painiketta. Testeri tallentaa nollapoikkeaman, joten sinun ei tarvitse toistaa toimintoa joka kerta käyttäessäsi testeriä.

### ⚠ Varoitus

Poista paljas lanka ennen testin suorittamista.

### Huomautus

Virheitä voi esiintyä testattavan piirin esilatauksen johdosta.

Kuva 11. Fluke 1653 -testerille ohje silmukkaimpedanssin ja oikosulkuvirran mittaamiseen /14/.

Kuten aiemmin käyttöönottotarkastuksen vaatimukset ja perusteet kohdassa käsiteltiin, että käyttöönottotarkastukseen tulee sisältyä vaatimuksen ja tulosten välinen vertailu, jolla todennetaan, että standardin SFS 6000 vaatimukset täyttyvät. Esimerkiksi keskuk- sen pienin oikosulkuvirta dokumentoidaan ja verrataan mitattua arvoa taulukkoon 5, joka osoittaa pienimmät toimintavirrat gG – sulakkeelle ja vaaditun mitatun arvon.

Taulukko 4 puolestaan osoittaa pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille ja vaaditut mitatut arvot. Mitattavan kohteen mittausravot tulee verrata vaadittuihin arvoihin ja niiden tulee vähintään täyttää minimivaatimukset, jotta sulake toimii vikatilanteessa oikein.

Taulukko 4. Johdonsuojakatkaisijoiden pienimmät toimintavirrat /13, s.33/ ja kuva ABB johdonsuojakatkaisijasta /17/.



Nimellis- virta	B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	K ja G- tyypit 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo	D-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A	A	A	A	A
6	30	37,5	60	75	84	105	120	150
10	50	62,5	100	125	140	175	200	250
16	80	100	160	200	224	280	320	400
20	100	125	200	250	280	350	400	500
25	125	156,3	250	312,5	350	437,5	500	625
32	160	200	320	400	448	560	640	800
50	250	312,5	500	625	700	875	1000	1250
63	315	393,8	630	787,5	882	1102,5	1260	1575
80	400	500	800	1000	1120	1400	1600	2000
125	625	781,3	1250	1562,5	1750	2187,5	2500	3125

Taulukko 5. Pienimmät gG – sulakkeiden toimintavirrat /13, s.33/ ja kuva ABB kahvasulakkeesta /18/.



Nimellisvirta	gG-sulake 0,4 s	Vaadittu mitattu arvo	gG-sulake 5,0 s	Vaadittu mitattu arvo
A	A	A	A	A
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	85	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35	287	359	165	206,3
40	315	393,8	190	237,5
50	470	587,5	250	312,5
63	550	687,5	320	400
80	840	1050	425	531,3
100	1000	1250	580	725
125	1450	1812,5	715	893,8
160	1600	2000	950	1187,5
200	2100	2625	1250	1562,5
250	2800	3500	1650	2062,5
315	3700	4625	2200	2750
400	4800	6000	2840	3550
500	6400	8000	3800	4750
630	8500	10625	5100	6375

Mikäli syötön automaattinen poiskytkentä on suunniteltu toteutuvaksi, laskelmat ovat käytettävissä ja johtimien pituus sekä poikkipinta voidaan tarkastaa jälkikäteen, vaaditaan pelkkä suojajohtimen jatkuvuuden mittausta. Laskelmissa ei kuitenkaan huomioida sellaista mahdollisuutta, että nolla- ja vaihejohtimissa saattaa olla löysiä liitoksia. Tämän vuoksi mittaukset kannattaa suorittaa aina. Mittaamalla toteutettu poiskytkennän varmistaminen vikavirtapiirin impedanssin mittausta suoritetaan silmukavastusmittarilla. Mittaus pyritään suorittamaan ryhmän kaikissa pistorasioissa. Pienin oikosulkuvirta dokumentoidaan. Mittaukset voidaan suorittaa esimerkiksi ryhmien käyttöönoton yhteydessä, näin saadaan samalla tarkastettua, että asennukset on ryhmitelty oikein.

Kattavat ja selkeästi dokumentoidut tarkastukset auttavat seuraamaan asennusten kuntoa esimerkiksi kunnossapitotarkastuksen yhteydessä. Poiskytkentä voidaan tarkastaa myös mittaamalla vikavirtapiirin oikosulkuvirta. Mittausten jälkeen varmistetaan, että oikosulkuvirta riittää käytetylle suojalaitteelle. On myös huomioitava, että mitattaessa oikosulkuvirtoja tulee arvon olla 25 % vaadittua korkeampi. Tämä johtuu siitä, että mittaukset tehdään yleensä huoneenlämpöiseen johtimeen, ja oikosulkulaskelmissa otetaan huomioon johtimien lämpötilat laskien esim. vaihejohtimien 80 °C:n lämpötilaa vastaavilla resistansseilla. Jos oikosulkuvirrat eivät ole vaaditun suuruisia, voidaan virtaa kasvattaa suurentamalla kaapelikokoa. Myös väljät liitokset pienentävät oikosulkuvirtaa.



#### 4.7 Vikavirtasuojien toiminnan testaus

Vikavirtasuojat tulee keskusvalmistajan ohjeiden mukaan testata määrävälein. Mikäli suositeltua testiväliä ei ole valmistajan ohjeissa määritetty, testataan standardin (SFS 6000-5-531.2.9) mukaisella, kuuden kuukauden testivälillä. Jokaisessa keskuksessa on erikseen ohjeet vikavirtasuojan toiminnan testaukseen testi painikkeella. Testauksella pyritään varmistamaan vikavirtasuojien toimiminen koko kohteen elinajan. Jos vikavirtojen testauspainike ei toimi oikein, tulee vianaiheuttaja selvittää alla olevan listauksen mukaan. Sen kautta voidaan olla varmoja, että vikavirtasuoja laukeaa sähköpiirissä ilmaantuvan vian tai järjestelmään kytketyn viallisen laitteen takia. Vikavirtasuojan toimintavirran tulee olla 1/2 – 1-kertainen verrattuna toimintavirtaan. Asuntokohteen pistorasiaryhmissä käytetään yleensä vikavirtasuojia, joiden nimellisvirta on 30 mA ja toiminta-aika enintään 300 ms.

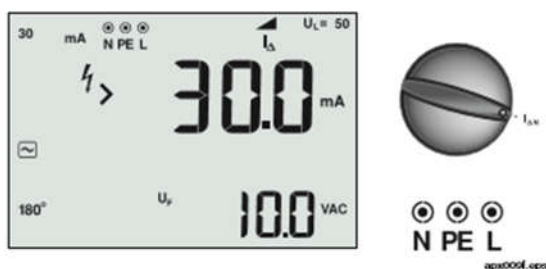
Jos vikavirtasuojaus toimii liian herkästi tai ei toimi laisinkaan, voi syy olla jokin seuraavista:

- N-johdin on kytketty yhteen jonkin toisen virtapiirin N-johtimen kanssa.
- Nollajohdinta ei ole kytketty vikavirtasuojan kautta.
- Virtapiirissä on käytetty nollausta.
- Jokin laite on kytketty vaiheen ja suojajohtimen välille.
- N- ja PE-johdin ovat yhdessä kytkentävirheen tai asennukseen jääneen eristysvian johdosta.
- Vikavirtasuoja on viallinen ja tulee vaihtaa.

##### 4.7.1 Vikavirtasuojainten laukaisuvirran mittaaminen

Uusien kohteiden käyttöönottomittauksissa aikaa vievä toimenpide on kaikkien vikavirtasuojien laukaisuajan ja laukaisuvirran mittaaminen (kuva 12 ja 13) ja vikavirran testipainikkeen testaus. Useasti yhdessä kohteessa mitattavia vikavirtasuojia on satoja. Työ on huomattavasti nopeampi ja tehokkaampi tehdä kahden mittajaan voimin. Toinen mittaa kaikki pistorasiat ja valopisteet, toinen kirjaa tuloksia keskuksella, nostaa vikavirtoja niiden lauettua ja tekee vikavirtasuojan toiminnan tarkastuksen testipainikkeella.

### Vikavirtasuojainten laukaisuvirran mittaaminen (vain malleissa 1652 ja 1653)



Kuva 16. Vikavirtasuojainten laukaisuvirta / Kytkin- ja liitinasetukset

Tämä testi mittaa vikavirtasuojainten laukaisuvirran käyttämällä testivirtaa ja sitten vähitellen lisäämällä virtaa, kunnes vikavirtasuojain laukeaa. Voit käyttää verkkojohtoa tai testijohtimia tähän testiin. Tähän vaaditaan 3-johdoinen kytkentä.

#### Huomautus

Jos L- ja N-liittimet käännetään, testeri vaihtaa ne automaattisesti sisäisesti keskenään ja jatkaa testausta. Jos testeri on määritetty käytettäväksi Isossa-Britanniassa, testaus pysähtyy ja liittimet on vaihdettava keskenään manuaalisesti. Tämä tilanne osoitetaan liittimen ilmaisimerkin (☺☹) ylä- tai alapuolella olevilla nuolilla. Katso tietoja vaihejohdon ja nollajohdon vaihtotilasta käynnistysvaihtoehdoista sivulla 18.

#### Mittaa vikavirtasuojainten laukaisuaika seuraavasti:

1. Käännä kiertokytkin  $\Delta T$ -asentoon.
2. Valitse vikavirtasuojainten virran nimellisarvo (10, 30, 100, 300, 500 tai 1000 mA) painamalla  $\text{F}_1$ .
3. Valitse testin kerroin ( $\times \frac{1}{2}$ ,  $\times 1$ ,  $\times 5$  tai Auto) painamalla  $\text{F}_2$ . Normaalisti käytät kerrointa 1 tähän testiin.
5. Valitse testivirran vaihe,  $0^\circ$  tai  $180^\circ$ , painamalla  $\text{F}_3$ . Vikavirtasuojaimet tulisi testata molemmilla vaiheasetuksilla, koska niiden vasteaika voi vaihdella huomattavasti vaiheen mukaan.
6. Paina ja vapauta  $\text{F}_4$ . Odota, kunnes testi on valmis.
  - Laukaisuaika näkyy ensisijaisessa (ylemmässä) näytössä.
  - Vikajännite (N-PE) näkyy toissijaisessa (alemmassa) näytössä.

Testerä voi käyttää myös suorittamaan vikavirtasuojainten laukaisuaikatestin automaattisessa tilassa, mikä tekee testin suorittamisesta helpomman yhdelle henkilölle.

#### Mittaa vikavirtasuojainten laukaisuaika käyttäen automaattista tilaa seuraavasti:

1. Kytke testeri verkkopistorasiaan.
2. Käännä kiertokytkin  $\Delta T$ -asentoon.
3. Valitse vikavirtasuojainten virran nimellisarvo (10, 30, 100, 300, 500 tai 1000 mA) painamalla  $\text{F}_1$ .

#### ⚠️ Varoitus

- Testaa kytkentä N-johdon ja maan välillä ennen testin aloittamista. N-johdon ja maan välinen jännite voi vaikuttaa testiin.
- Vuotovirrat piirissä vikavirtasuojaimen jälkeen voivat vaikuttaa mittauksiin.
- Näytetty vikajännite koskee RCD:n nimellistä jäännösvirtaa.
- Mahdolliset toisten maattoasennusten kentät voivat vaikuttaa mittaukseen.

#### Huomautus

Jos L- ja N-liittimet käännetään, testeri vaihtaa ne automaattisesti sisäisesti keskenään ja jatkaa testausta. Jos testeri on määritetty käytettäväksi Isossa-Britanniassa, testaus pysähtyy ja liittimet on vaihdettava keskenään manuaalisesti. Tämä tilanne osoitetaan liittimen ilmaisimerkin (☺☹) ylä- tai alapuolella olevilla nuolilla. Katso tietoja vaihejohdon ja nollajohdon vaihtotilasta käynnistysvaihtoehdoista sivulla 18.

4. Valitse vikavirtasuojainten tyyppi painamalla  $\text{F}_5$ . Kelpoisia tyyppejä ovat:

- $\sim$  – Standardi vikavirtasuojain vaihtovirrälle, normaali asetus. (kaikki mallit)
- $\sim$  – Tasavirrälle herkkä vikavirtasuojain (vain mallit 1652 ja 1653)
- $\sim$   $\text{S}$  – Viivästynyt vaste vikavirtasuojaimelta vaihtovirrälle (kaikki mallit)
- $\sim$   $\text{S}$  – Viivästynyt vaste vikavirtasuojaimelta tasavirrälle (vain mallit 1652 ja 1653)

4. Valitse automaattinen tila painamalla  $\text{F}_6$ .
5. Valitse standardi vikavirtasuojain vaihtovirrälle ( $\sim$ ) painamalla  $\text{F}_7$ .

Testerä syöttää  $\frac{1}{2} \times$  luokitetun virran vikavirtasuojaimelle 310 tai 510 ms:n ajan (2 sekuntia Isossa-Britanniassa). Jos vikavirtasuojain laukeaa, testi päättyy. Jos vikavirtasuojain ei laukea, testeri kääntää vaiheen ja toistaa testin. Testi päättyy, jos vikavirtasuojain laukeaa.

Jos vikavirtasuojain ei laukea, testeri palauttaa alkuvaiheasetuksen ja syöttää  $1 \times$  luokitetun vikavirtasuojaimen virran 2000 ms:n ajan. Vikavirtasuojaimen tulisi laueta ja testitulosten näkyä ensisijaisessa näytössä.

6. Palauta vikavirtasuojain.
7. Testeri kääntää vaihteet ja toistaa  $1 \times$  testin. Vikavirtasuojaimen tulisi laueta ja testitulosten näkyä päänäytössä.
8. Nollaa vikavirtasuojain.

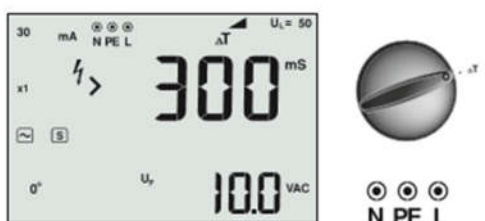
Kuva 12. Vikavirtasuojain laukaisuaikojen mittaaminen Fluke 1653 -testerillä /14/.

#### 4.7.2 Vikavirtasuojainten laukaisuaajan mittaaminen

Vikavirtasuojan toiminta-aika suositellaan mitattavaksi kaikissa kohteissa, joissa on vikavirtasuojakytkimiä. Uudessa kohteessa mittauksien tekeminen vie valmiiksi jo paljon aikaa, joten jos työmaa on myöhässä ja luovutuspäivä lähellä, jätetään vikavirtasuojien toiminta-ajan mittaaminen useasti ajan säästämiseksi testaamatta. Standardi edellyttää toiminta-ajan mittaamisen kuitenkin aina, kun

- vikavirtasuojaa käytetään lisä- tai vikasuojaukseen
- käytetään aikaisemmin käytössä olleita vikavirtasuojia
- vikavirtasuojia käytetään muutos- ja laajennusosien poiskytkentälaitteina.

##### Vikavirtasuojainten laukaisuaajan mittaaminen



Kuva 15. Vikavirtasuojainten laukaisuaikanäyttö / Kytkin- ja liitinasetukset

Tässä testissä kalibroitu vikavirta johdetaan piiriin aiheuttaen vikavirtasuojaimen laukaisun. Mittari mittaa ja näyttää kuinka pitkä aika kuluu vikavirtasuojaimen laukaisemiseen. Voit suorittaa tämän testin testi-ohjelmilla tai käyttäen verkkojohtoa. Testi suoritetaan jännitteissä piirissä.

##### Mittaa vikavirtasuojainten laukaisuvirta seuraavasti:

1. Käännä kiertokytkin  $I_{\Delta N}$ -asentoon.
2. Valitse vikavirtasuojaimen (RCD:n) virran nimellisarvo (10, 30, 100, 300 tai 500 mA) painamalla  $\odot$ .
3. Valitse vikavirtasuojaimen tyyppi painamalla  $\odot$ . Kelpoisia tyyppiä ovat:
  - $\sim$  – Standardi vikavirtasuojain vaihtovirralla, normaali asetus (kaikki mallit)
  - $\sim$  – Tasavirralla herkkä vikavirtasuojain (vain mallit 1652 ja 1653)
  - $\sim$   $\square$  – Viivästynyt vaste vikavirtasuojaimelta vaihtovirralla (kaikki mallit)
  - $\sim$   $\square$  – Viivästynyt vaste vikavirtasuojaimelta tasavirralla (vain mallit 1652 ja 1653)
4. Valitse testivirran vaihe,  $0^\circ$  tai  $180^\circ$ , painamalla  $\odot$ . Vikavirtasuojaimet tulisi testata molemmilla vaiheasetuksilla, koska niiden vasteaika voi vaihdella huomattavasti vaiheen mukaan.
5. Paina ja vapauta  $\odot$ . Odota, kunnes testi on valmis.
  - Vikavirtasuojaimen laukaisuvirta näkyy ensisijaisessa (ylemmässä) näytössä.

Kuva 13. Vikavirtasuojan laukaisuaajan mittaaminen Fluke 1653 -testerillä /14/.

##### Huomautus

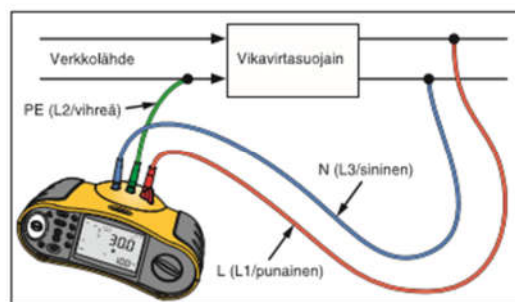
Mitattaessa laukaisuaikaa minkä tahansa tyyppiselle vikavirtasuojaimelle testeri tekee ensin esitestin, jolla määritetään, aiheuttaako todellinen testi vikajännitteen, joka ylittää rajan (25 tai 50 V). 30 sekunnin viive aktivoidaan esitestin ja todellisen testin välillä, jotta vältetään epätarkka laukaisuaika S-tyypille (aikaviive).

##### ⚠ Varoitus

- Testaa kytkentä N-johdon ja maan välillä ennen testin aloittamista. N-johdon ja maan välinen jännite voi vaikuttaa testiin.
- Vuotovirrat piirissä vikavirtasuojaimen jälkeen voivat vaikuttaa mittauksiin.
- Näytetty vikajännite koskee RCD:n nimellistä jäännösvirtaa.
- Mahdolliset toisten maattoasennusten kentät voivat vaikuttaa mittaukseen.

Vikavirtasuojainten testaaminen paikoissa, joissa on IT-järjestelmät, vaatii erityistä testiprosessia, koska suojausmaadoituskytkentä maadoitetaan paikallisesti eikä se liity suoraan verkkovirtaan.

Testiä ei voi suorittaa pistorasiassa, mutta se voidaan tehdä sähkötaulussa koettimien avulla. Käytä kytkentää kuvassa 17, kun suoritat vikavirtasuojainten testausta IT:n sähköisissä järjestelmissä.



Kuva 17. Kytkeä vikavirtasuojainten testaukseen IT:n sähköisissä järjestelmissä

Testivirta virtaa vikavirtasuojaimen yläpuolen läpi L-liittimeen ja palaa PE-liittimen kautta.

#### 4.8 Napaisuuden tarkastus

Yksinapaisten kytkinlaitteiden asentaminen nollajohtimeen on kielletty. Tästä syystä on asentajan varmistettava kytkettäessä, että kaikki yksinapaiset kytkinlaitteet on kytketty vaihejohtimiin. ES-Projekteilla käytössä olevalla Fluke 1650 sarjan testerillä voidaan testata oikea napaisuus jatkuvuustoiminnon avulla /3, s.359/.

#### 4.9 Toiminta- ja käyttötestit

Erilaisille asennetuille laitteille, kuten kytkin-, käyttö-, ohjaus- ja lukituslaitteille on tehtävä toiminta-testit sen toteamiseksi, että ne on asennettu ja säädetty oikein niille asetettujen vaatimusten mukaan. Suojalaitteille on myös tehtävä tarpeen mukaan toiminnalliset kokeet sen toteamiseksi, että ne on asennettu ja säädetty oikein. /1, s.34./

Erilaiset turvajärjestelmät tulee testata ennen luovutusta ja luovuttaa tilaajalle tarkastuspöytäkirja käyttöönottopöytäkirjan liitteenä. Asuinkiinteistön tyypillisimmät turvajärjestelmät ovat palovaroittimet, palovaroitinjärjestelmät, paloilmaisinjärjestelmät, ilmastoinnin hätäpysäytys, savunpoistojärjestelmä sekä turvalaistutus ja hätäpoistumistievalaistus.

#### 4.10 Tarkastuksen dokumentointi

Uuden tai olemassa olevan asennuksen laajennuksen sekä muutoksen valmistuttua on laadittava käyttöönottotarkastuspöytäkirja. Standardin SFS 6000-61.4.3 mukaan käyttöönottotarkastuspöytäkirjasta tulee selvittää seuraavat asiat:

- tarkastetun laitteiston yksilöintitiedot
- laitteiston rakentajan (urakoitsijan ja sähkötöiden johtajan) yhteystiedot
- tulokset tarkastuksista
- todetaan, täyttääkö asennukset standardin ja säännösten vaatimukset
- tiedot testatuista piireistä ja testaustulokset.

Todetaan mahdolliset standardista poikkeamat, jos sellaisia on kohteessa. Näistä täytyy olla kirjallinen selvitys, jossa todetaan, että vastaava turvallisuustaso on saavutettu. Selvitystä voidaan täydentää esim. valtuutetun tarkastajan kirjallisella lausunnolla. Selvitykset liitetään käyttöönottopöytäkirjan liitteeksi.

Tarkastuspöytäkirjassa esitetään vähintään seuraavat testaustulokset:

- kaikki eristysresistanssimittausten mittaustulokset
- jatkuvuusmittauksista vaatimusten toteutuminen keskuksittain
- syötön automaattiseen poiskytkennän toteamiseksi mitatut oikosulkuvirrat ryhmäjohtojen kauimmaisista pisteistä tai mikäli ryhmiä on erittäin paljon mittaustulokset keskusalueittain epäedullisimmiksi arvioituista pisteistä.
- kaikkien vikavirtasuojien mittaustulokset
- kiertosuunta keskuskohtaisesti
- laitevalmistajan asennusohjeiden mukaiset mittaustulokset sellaisista laitteista (esim. lämmityskaapeleista), joille valmistaja edellyttää asennusohjeessaan mittauksia.

Standardi ei vaadi yksittäisten mittaustulosten esittämistä käyttöönottotarkastuspöytäkirjassa, mutta on hyvä kirjata ainakin ryhmäjohtojen kauimmaisista pisteistä saadut resistanssiarvot ja merkitä mittauspiste loppukuviin. Myöhemmin voidaan tarvittaessa varmistua siitä, että suojajohtimien resistanssiarvot olivat hyväksyttävissä rajoissa ja pystytään helposti tekemään tarkastusmittaus kyseisestä pisteestä. Asennuksen käyttöönottotarkastuspöytäkirjan pitäisi lisäksi sisältää tieto huolto- ja kunnossapito-ohjelman tarpeesta ja tieto seuraavan lakisääteisen määräaikaistarkastuksen suoritusajankohdasta, jos sellaista tarvitaan. Pöytäkirjasta on hyvä mainita, mitä ratkaisuja on käytetty EMC-direktiivin mukaisten vaatimusten täyttymiseksi.

Mittauspöytäkirjassa osoitetaan standardin SFS 6000 velvoitettavien mittauksien ja niiden vaatimuksien täyttymistä, jonka tarkastuksen tekijä todentaa allekirjoituksellaan. Pöytäkirja toimii todisteena haltijalle siitä, että asennukset on tehty standardin, asetusten ja määräysten mukaisesti /3/.

## 5 Yrityksen nykytila prosessin suhteen

Tällä hetkellä jokaisella projektinhoitajalla on ES-projektien laatujärjestelmään perustuva mutta itsensä muokkaama pohja käytännön mittaustulosten keräämistä varten. Haasteena on kuitenkin eritasoiset ja näköiset pöytäkirjat, jolloin yrityksestä ei ole yhtenäistä ilmettä tilaajan suuntaan. Yrityksen kasvaessa tulee työmenetelmiä ja erilaisia yhtenäisiä pohjia luoda helpottamaan ja nopeuttamaan projektinhoitajien työtä. Tästä tulee olemaan myös suuri etu, kun työhön koulutetaan uusia osaajia.

Hyvin johdetulla organisaatiolla ja yrityksellä tulee olla samanlaiset työkalut ja yhtenäinen ilme, kuinka näyttäytytään tilaajille. Siksi yksi tärkeä osa opinnäytetyötäni on yrityksen ilmeen yhtenäistäminen käyttöönottomittausten ja pöytäkirjojen kohdalla eri projektien ja projektinhoitajien välillä.

Nykyisellä menetelmällä projektinhoitaja täyttää tekemänsä pohjan manuaalisesti paperille työmaalla ja kopioi mittaustulokset sähköiseen muotoon toimistolla. Tässä kohdassa voisi säästää aikaa ja luontoa siirtymällä sähköisesti täytettävään pohjaan esimerkiksi tabletilla tehtäväksi jo työmaalla. Projektinhoitaja täyttää ja muokkaa projektin alkuvaiheessa projektikansiossa olevan käyttöönottopöytäkirjan projektin tiedot ja kaikki mitaussarakkeet projektin mitattavien tietojen mukaan.

Oman työn tarkastamisen perustana on ES-projektien laatujärjestelmä ja jokainen kärkimies/asentaja tarkastaa tekemänsä työn silmämääräisesti sitä mukaa kun projekti etenee. Asentajat mittaavat kaikki lämmityskaapeleiden eristysvastusmittaukset dokumentoidusti ennen peittoa ja kaapelien peittämisen jälkeen. Tällöin voidaan todeta kaapelin olevan ehjä ja kirjoittaa kaapelinvalmistajan takuutodistus tilaajalle. Tarkastus ja standardien sekä määräysten täytyminen ovat pääasiassa asentajien vastuulla ja projektinhoitajalla siltä osin, kun hän ehtii kiertämään työmaatarkastuksilla.

Ohjeistus kärkimiehelle kytkettäessä asuntoihin sähköjä päälle on ensin tarkastaa, että mittarikeskukselta syötetään sähkömittarin mukaista keskusta. Sähköjen päälle laitton jälkeen tarkastetaan keskuskohtaisesti kaikkien sähköpisteiden toiminta ja vikavirtaryhmästä testaan vikavirran laukeaminen jokaisesta ryhmän pisteestä. Jos testauksessa ilmenee ongelmia tai vikoja, tulisi asentajan korjata viat heti tai ainakin kirjata ne muistiin. Vialliset laitteet tai mahdollisesti vaaraa aiheuttavat asennukset tulee kytkeä jännit-

teettömäksi sulakelukoin. Kaikki poikkeamat ja puutteet informoidaan projektinhoitajalle, etenkin jos korjaukseen tarvitaan muita urakoitsijoita, jolloin vika saadaan korjattua mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Oman työn tarkastuksen jälkeen projektinhoitaja voi aloittaa käyttöönottomittauksen dokumentoidusti itse tekemilleen pohjille. Käyttöönottomittaukset kuuluvat ESP -konsernissa kokonaisuudessaan projektinhoitajalle.

Dokumentointi on hyvin vähäistä tällä hetkellä oman työn tarkastamisessa. Toki rakennusliikkeellä on monesti vaatimuksena mallikatselmukset esimerkiksi onteloputkituksesta, joiden mukaan kaikki loputkin kyseiset asennukset tulee tehdä. Nämä katselmukset dokumentoidaan raportein ja valokuvin.

## **6 Prosessin kehitys ja yhtenäistäminen halutulle tasolle**

Oman työn tarkastuksen tulee olla jatkuvaa dokumentoidusti välitavoitteiden mukaan ja käyttöönottomittaukset oikea aikaisia projektin käyttöönottoon nähden. Oman työn tarkastuksesta luodaan yritykselle erillinen lomakkeisto, jonka jokainen projektinhoitaja päivittää kohteensa mukaiseksi. Projektin aikana suoritettavat tarkastukset ja mittaukset tulee päivittää luovutuksen mittaukset- ja laitteet -kansioon, josta ne on helppo siirtää projektista luovutettaviin tarkastuspöytäkirjat kansioon.

Projektinhoitajalla on käytössä sähköinen projektikansio, jonne mittauksen ja tulokset tulee päivittää luovutuksen tarkastuspöytäkirjat -kansioon. Kun projekti saadaan hoidettavaksi, on projektivetäjän yhtenä tärkeänä työnä tehdä laatujärjestelmän mukaisesti jo kohteen alussa kaikki tarvittavat tarkastus- ja mittauspöytäkirjat, jotka kohteessa tullaan tarvitsemaan. Kohteen kärke miehelle tulee toimittaa työaikaisiin tarkastuksiin mittauspöytäkirjapohjat työn alussa, jotka asennusryhmä työmaalla työaikaisiin tarkastuksiin tarvitsee. Mittaustulokset tulee päivittää projektikansioon työmaan edetessä eikä vasta lopuksi, kun on muutenkin yleensä pientä kiirettä. Luovutuskansio tulee päivitettyä näin jo työn edetessä ja on valmiina osaa tilaajalle palautettavaa kohteen dokumentaatioita.

## 7 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää sähköurakointiyhtiön tarkastus- ja käyttöönottoprosessia yhtenäiseksi koko yrityksen laajuudessa. Työssä tarkasteltiin tarkastusprosessiin liittyviä ongelmia, dokumentaatiota ja mittauksien oikea-aikaisuutta. Työssä käsiteltiin keskeisin käyttöönottotarkastuksiin liittyvä lainsäädäntö ja standardeissa esitetyt vaatimukset. Työn tuloksena syntyi tiivis tietopaketti käyttöönottotarkastusten tekemiseen, mittaustulosten tulkintaan ja dokumentointiin sekä Fluke 1653 asennustesterin käyttöön.

Työn aikana tehtiin mittauksia ja oman työn tarkastusta erilaisissa valmistuvissa kohteissa eri projektinhoitajien kanssa, jolloin saatiin selville mittausprosessin eri toimintatavat. Fyysisten mittausten kautta kehitettiin yritykselle toimivat kohteittain muokattavat Excel -mittauspöytäkirjapohjat.

Koen, että osaamiseni käyttöönottomittauksista ja sen lainsäädännöstä kehittyi sekä sain lisää kokemusta erilaisista talotekniikan sähköisistä järjestelmistä. Työn tavoitteet saavutettiin, sillä yhtenäisellä ja järjestelmällisellä dokumentoinnilla asiakas saa hyvän kuvan yrityksestä. Sähköasennusten käyttöönottotarkastuksen mittaukset (liite 4) toimii muistin tukena ja helpottavat mittaaajaa työmaaloissa.



## Lähteet

- 1 Saastamoinen Arto ja Saarelainen Kimmo, 2012. Rakennusten sähköasennusten tarkastukset. Espoo: Sähköinfo Oy.
- 2 SFS-KÄSIKIRJA 600-1 SÄHKÖASENNUKSET. Osa 1: SFS 6000 Pienjännite-sähköasennukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS 2012.
- 3 SFS 6000-6/61 Käyttöönottotarkastus, s. 352-354
- 4 SFS 6000-5-514.5 Piirustukset, s.193
- 5 SFS 6000-6/61.3 Testaus, s.354-360
- 6 SFS 6000-6/61.3.3, s.355-356
- 7 Tiainen, Esa 2012. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- 8 SFS-KÄSIKIRJA 600-3 SÄHKÖASENNUKSET. Osa 3: Sähköturvallisuus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS 2012.
- 9 <http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2016/sk20161135.pdf>, Luettu 24.4.2017.
- 10 SFS 600-3, Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410. 5§ ja §17, s.9-10
- 11 FS 600-3, KTMp sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä (5.7.1996/517) 3§ ja 4§, s. 35.
- 12 SFS 600-3, KTMp Turvallisuusvaatimukset (17.12.1999/1193) 2§, s. 38-39
- 13 ST-käsikirja 33, Severi, sähköinen aineistopalvelu, Sähköinfo Oy, julkaisupäivä 29.01.2013, luettu 17.06.2016
- 14 Käyttöohje Fluke 165x, [http://assets.fluke.com/manuals/165x\\_\\_\\_\\_umfin0100.pdf](http://assets.fluke.com/manuals/165x____umfin0100.pdf), luettu 17.06.2016
- 15 Sähkö ja teleurakoitsijaliitto. Sähköturvallisuusmääräykset kuvina 2003
- 16 ST 51.21.05 Käyttöönottotarkastuspöytäkirja
- 17 <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/johdonsuojakatkaisija-abb-16a-1-nap>, Luettu 11.12.2017

- 18 <https://verkkokauppa.slo.fi/fi/kahvasulake-abb-500-v-gg-gl-ofaf-2h-315-3112297>,  
Luettu 11.12.2017

**KTMP (17.12.1999/1193) Liite: /11/**

## **OLENNAISET TURVALLISUUSVAATIMUKSET**

1. Ihmiset ja kotieläimet on suojattava vaaroilta, joita voi syntyä kosketettaessa sähkölaitteiston jännitteisiä osia tai jouduttaessa liian lähelle näitä osia.

Suojaus on toteutettava estämällä virran kulku ihmisen tai kotieläimen kautta tai rajoittamalla virran suuruus vaarattoman pieneksi.

Suojausmenetelmänä on tavallisesti käytettävä koskettamiselta suojaavaa eristystä tai kotelointia, jollei virran suuruus ole rajoitettu vaarattoman pieneksi.

Jos eristyksen tai koteloinnin käyttö ei ole teknisesti tai taloudellisesti mahdollista taikka tarkoituksenmukaista, saa suojausmenetelmänä käyttää jännitteisten rakenteiden sijoittamista riittävän kauas kosketusetäisyyden ulkopuolelle.

Jos eristyksen tai koteloinnin käyttö ei ole mahdollista tutkimus- tai testauslaitteistoissa, saa käyttää myös tahattomalta koskettamiselta suojaavia esteitä tai muuta soveltuvaa suojausmenetelmää edellyttäen, että luotettavasti estetään sivullisten pääsy vaara-alueelle.

2. Ihmiset ja kotieläimet on suojattava vaaroilta, joita voi syntyä sähkölaitteistossa esiintyvän vian aikana kosketettaessa jännitteelle alttiita osia tai oltaessa sähkölaitteiston lähellä.

3. Sähkölaitteiston rakenteen on oltava sellainen, että ei synny korkean lämpötilan tai valokaaren aiheuttamaa sähkölaitteistoon kuulumattoman palavan aineen syttymisvaaraa.

4. Sähkölaitteistot eivät saa aiheuttaa palovammojen vaaraa ihmisille eikä kotieläimille.

5. Jännitteisissä johtimissa mahdollisesti kulkeva ylivirta ei saa aiheuttaa sellaisia korkeita lämpötiloja tai sähkömekaanisia rasituksia, jotka voivat vahingoittaa ihmisiä, kotieläimiä tai omaisuutta.

6. Sähkölaitteistossa esiintyvän vian yhteydessä on normaalitilanteessa jännitteettömien johtimien ja muiden johtavien osien kestävä niiden kautta mahdollisesti kulkeva vikavirta ilman, että niiden lämpötila nousee vaarallisen korkeaksi tai että niistä aiheutuu mekaanista vaaraa.

7. Suojalaitteiden on toimittava sellaisilla virroilla, jännitteillä ja sellaisessa ajassa, jotka takaavat riittävän turvallisuuden.

8. Sähkölaitteiston sähköinen suojajärjestelmä on valittava siten, että se voidaan pitää toimintakuntoisena ja luotettavana koko sähkölaitteiston käyttöiän.

9. Eri jännitteellä syötettyjen virtapiirien jännitteisten osien välinen vika tai sähkölaitteistosta muusta syystä aiheutuva ylijännite ei saa aiheuttaa vaaraa tai vahinkoa ihmisille, kotieläimille tai omaisuudelle.

10. Sähkölaitteiston jännitelujuuden ja eristystason on vastattava käyttöolosuhteissa esiintyviä jännitteitä.

11. Sähkölaitteiston rakenteen on oltava sellainen, että se kestää tarkoitetussa käytössä ja käyttöpaikassa todennäköisesti vaikuttavat ulkoiset rasitukset ja olosuhteet.

12. Sähkölaitteistot on rakennettava kyseiseen käyttöön ja olosuhteisiin tarkoitettuihin sähkölaitteista ja muista laitteista sekä tarvikkeista, joiden rakenne täyttää niitä koskevat säädökset. Laitteet ja tarvikkeet on asennettava valmistajan tarkoittamalla tavalla ja siten, että niiden turvallisuus säilyy.

13. Sähköalan ammattitaitoa vailla olevien henkilöiden käyttöön tarkoitettujen laitteistojen rakenteen on oltava sellainen, että nämä henkilöt voivat käyttää laitteistoa ja tehdä heidän tehtäväkseen tarkoitetut toimenpiteet turvallisesti ilman jännitteisten osien kosketusvaaraa ja valokaarivaaraa.

14. Sähkölaitteiston rakenteen ja sijoituksen on oltava sellainen, että sen vaaroja tuntemattomat henkilöt eivät pääse helposti käsiksi jännitteisiin osiin.

15. Sähköratalaitteistoon tai muuhun erikoissähkölaitteistoon mahdollisesti liittyvät poikkeukselliset vaaratekijät on otettava huomioon laitteiston rakenteessa tai suojauksessa.

16. Lääkintätilaan, räjähdysvaaralliseen tilaan tai muuhun poikkeuksellisia vaaratekijöitä sisältävään tilaan saa sijoittaa vain sellaisen sähkölaitteiston, jonka rakenteella tai suojauksella on varmistettu laitteiston turvallisuus kyseisessä tilassa.

17. Ilmajohtojen ja muiden sähköjakeluun liittyvien sähkölaitteistojen rakenteissa on otettava huomioon tavanomaisten sähkölaitteistojen turvallisuutta koskevien vaatimusten lisäksi seuraavat tekijät:

- sääolosuhteista ja muista tekijöistä aiheutuvat lämpörasitukset, mekaaniset rasitukset ja muut vaikutukset;
- jännitteisten rakenteiden etäisyys rakennuksista, puista ja vastaavista;
- ihmisten liikkuminen ja liikenne;
- samoissa pylväissä tai muuten lähellä toisiaan sijaitsevien ilmajohtojen keskinäinen vaikutus;
- ilmajohtojen pylväissä sijaitsevien muiden laitteistojen ja laitteiden vaikutus.

18. Sähkölaitteiston eri osien on oltava keskenään yhteensopivia. Sähkölaitteisto tai sähkölaite ei saa vaarantaa toisen sähköasennuksen tai sähkölaitteen turvallisuutta.

19. Sähkölaitteiston on oltava sellainen, että sen ja ei-sähköisten laitteistojen välillä ei synny vahingollisia vaikutuksia.

20. Sähkölaitteiston on oltava rakenteeltaan niin selväpiirteinen, että sen käytössä ja huollossa ei synny väärinkäsityksistä johtuvia vaaratilanteita.

21. Sähkölaitteisto on varustettava sen käyttöä ja hoitoa varten tarpeellisilla merkinnöillä ja varoituskilvillä.

Suojalaitteet, johdot ja johtimet on ryhmiteltävä selkeästi ja tarvittaessa merkittävä siten, että virtapiirit voidaan tunnistaa.

Sähkölaitteistosta on laadittava sen rakentamista, käyttöä ja hoitoa varten tarvittavat kaaviot ja ohjeet.

22. Sähkölaitteiston rakenteen on oltava sellainen, että kaikki ennakoitavissa olevat sähkölaitteiston tarkastus-, testaus-, huolto- tai korjaustoimenpiteet voidaan tehdä turvallisesti ja tarkoituksenmukaisesti.

23. Sähkölaitteistossa on oltava riittävästi erotuslaitteita siten, että virtapiirit tai yksittäiset laitteet voidaan erottaa verkosta huoltoa, testausta, vian etsintää tai korjauksia varten.

24. Jos vaaran esiintyessä on tarpeen katkaista sähkön syöttö välittömästi, katkaiseva laite tai sitä ohjaava laite on asennettava siten, että se on helposti havaittavissa ja tehokkaasti sekä nopeasti käytettävissä.

## Käyttöönottotarkastuspöytäkirja /16/



ST 51.21.05

1 (4)

Pöytäkirjan nro 1

KÄYTTÖÖNOTTO-  
TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Käyttöönottotarkastuksen osatarkastus <input type="checkbox"/>			
Käyttöönottotarkastus <input checked="" type="checkbox"/>			
Muu <input type="checkbox"/>			
<b>PERUSTIEDOT</b>			
Kohteen tiedot	Työnumero	Kohteen nimi ja yksilöinti	Osoite ja postitoimipaikka
Sähkölaitteiston rakentaja	Rakentajan nimi ES-PROJEKTIT OY Sähkötöiden johtaja	Osoite ja postitoimipaikka Veneentekijäntie 2, 00210 HELSINKI	
	Puhelinnumero	Sähköpostiosoite	
<b>1. AISTINVARAINEN TARKASTUS</b>			
Koko kohde <input checked="" type="checkbox"/> Vain kyseinen keskusalue <input type="checkbox"/>			
a)	Sähkösikulta suojaus	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
b)	Palosuojaus	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
c)	Johtimien valinta	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
d)	Suoja-, käyttö- ja valvontalaitteet	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
e)	Erotus- ja kytkentälaitteet	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
f)	Sähkölaitteiden suojausmenetelmät	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
g)	Nollaj- ja suojaajohtimien tunnuks	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
h)	Yksivaiheiset kytkinlaitteet	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
i)	Dokumentit, varoituskilvet yms.	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
j)	Tunnistettavuus	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		
k)	Johtimien liitosten sopivuus	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>
	Huom!		

2 (4)

<b>1. AISTINVARAINEN TARKASTUS (jatkuu)</b>								
l)	Suojajohtimien olemassa olo	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>					
	Maadoituselektrodin rakenne:							
	Perustusmaadoitus	<input checked="" type="checkbox"/>						
	Muu, mikä?							
	Perustelut							
m)	Sähkölaitteiston vaatima tila	Kunnossa <input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly <input type="checkbox"/>					
	Huom!							
n)	Erikoistilat	Kunnossa <input type="checkbox"/>	Ei sisälly <input checked="" type="checkbox"/>					
	Kohdetta koskevat erikoistilat:							
	Lääkintätila	Liite						
	Räjähdyssvaarallinen tila	Liite						
		Liite						
<b>KESKUKSEN NIMI JA TUNNUS:</b>								
PK/KK, MK1, MK2, JK-LT1, JK-LT2, JK-IV1, JK-LT2								
<b>2. SUOJAJOHTIMIEN JATKUVUUS (PE-, PEN-, maadoitus-, pää- ja lisäpotentiaalintasausjohtimet)</b>								
Todettu kaikista laitteista ja pistorasioista		<input checked="" type="checkbox"/>	Suurin resistanssi _____ Ω, ryhmässä _____					
Jatkuvuus todettu vaatimusten mukaiseksi		<input checked="" type="checkbox"/>						
Liitteet: Kts. liite käyttöönottomittauspöytäkirja								
<b>3. ERISTYSRESISTANSSI</b>								
Kohde	Ryhmä nro	R <sub>e</sub> /MΩ	Huom	Kohde	Ryhmä nro	R <sub>e</sub> /MΩ	Huom	
Eristysresistanssit todettu vaatimusten mukaisiksi <input checked="" type="checkbox"/>								
PE- ja N-johtimien yhdistys on palautettu mittausten jälkeen entiselleen <input checked="" type="checkbox"/>								
Erikoistimenpiteet mittausten suorittamisessa: _____								
Liitteet: Kts. liite käyttöönottomittauspöytäkirja								
<b>4. SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ</b>								
		I <sub>k</sub> /A	Z <sub>k</sub> /Ω	Suojalaite	I <sub>n</sub> /A (suojalaitteet)			
Keskus								
Epäedullisin piste (0,4 s)								
Epäedullisin piste (5,0 s)								
Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu mittaamalla <input checked="" type="checkbox"/>				Vikasuojaus on toteutettu vikavirtasuojalla <input checked="" type="checkbox"/>				
Oikosulkuvirta- ja silmukkaimpedanssiarvot saatu laskemalla <input type="checkbox"/>								
Saadut arvot ovat standardin vaatimusten mukaiset <input checked="" type="checkbox"/>								
Liitteet: kts. liite käyttöönottomittauspöytäkirja								
<b>Vikavirtasuojat</b>								
Tyyppi ja käyttö-tarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/mitattu arvo t/ms I <sub>Δn</sub>		Painike-testaus	Tyyppi ja käyttö-tarkoitus	Ryhmä nro	Nimellisarvo/mitattu arvo t/ms I <sub>Δn</sub>	
Toiminnot todettu standardien vaatimusten mukaisiksi <input checked="" type="checkbox"/>								
Käyttötarkoitus: VS = vikasuojaus, LS = lisäsuojaus, PS = palosuojaus								
Liitteet: kts. liite käyttöönottomittauspöytäkirja								
<b>5. KIERTOSUUNNAN TARKASTUS</b>								
Keskus	<input checked="" type="checkbox"/>	3-vaihepistorasiat	<input checked="" type="checkbox"/>	Ei sisälly asennukseen	<input type="checkbox"/>			

3 (4)

<b>6. TOIMINTA- JA KÄYTTÖTESTIT</b>	
Koneet ja laitteet <input checked="" type="checkbox"/>	Toiminnalliset kokonaisuudet <input type="checkbox"/> Ei sisälly asennukseen <input type="checkbox"/>
<b>7. EMC-SUOJAUS</b>	
Kohteessa on käytetty TN-S -järjestelmää	<input checked="" type="checkbox"/>
Maadoitukset ja potentiaalitasaukset on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti	<input type="checkbox"/>
Kaapeleiden valinta, sijoittelu ja asentaminen on toteutettu EMC-vaatimusten mukaisesti	<input type="checkbox"/>
Laitevalinnoissa on huomioitu asennusympäristön vaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/>
Asennuksissa on noudatettu laitevalmistajien ohjeita	<input checked="" type="checkbox"/>
Muuta, mitä?	
Liitteet:	
Sähkölaitteisto täyttää sähköturvallisuuslain ja valtioneuvoston asetuksen (1468/2007) sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>8. HUOLTO- JA KUNNOSSAPITO-OHJELMAN TARVE</b>	
Kohteen kunnossapito-ohjelma vaaditaan <input type="checkbox"/>	
ei vaadita <input checked="" type="checkbox"/>	
Kohteessa on huolto- ja kunnossapito-ohjelma	<input checked="" type="checkbox"/>
Kohteessa on käyttö-, huolto- ja kunnossapito-ohjeet	<input checked="" type="checkbox"/>
Kohteessa on poistumisreitivalaistus	<input checked="" type="checkbox"/>
Kohteessa on poistumisreitivalaistusta koskeva kunnossapito-ohjelma	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>9. SEURAAVA MÄÄRÄAIKAISTARKASTUS</b>	
Tarkastus: vaaditaan <input type="checkbox"/> määräaikaistarkastuksen ajankohta _____	
ei vaadita <input checked="" type="checkbox"/>	
Huom!	
<b>10. KOHTEEN TOTEUTUKSESSA KÄYTETTY STANDARDIT</b>	
Toteutuksessa on käytetty standardikäsikirjaa SFS 600/20 _____ 10 ja	
muuta, mitä?	
Kohde on todettu edellä mainittujen standardien vaatimusten mukaisesti toteutetuksi	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>11. PALOVAROITTIMET</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Vakuutamme, että asennetut palovaroittimet täyttävät niille säädöksissä ja määräyksissä asetetut vaatimukset (pelastustoimen laitelaki, asetus palovaroittimien teknisistä ominaisuuksista, sähköturvallisuussäädökset jne.) ja että ne on asennettu ao. suunnitelman mukaisesti.	
<input checked="" type="checkbox"/> Palovaroittimen käyttö- ja huolto-ohjeet on luovutettu.	
Selvitys kuinka palovaroittimien virran ja varavirran syöttö on toteutettu:	
Kytetty kiinteään verkkovirtaan, paristovarmennus.	
Lisätietoja:	
<input checked="" type="checkbox"/> Palovaroittimien osalta on laadittu erillinen asennustodistus, jossa on mainittu edellä esitetyt asiat ja joka on tämän pöytäkirjan liitteenä.	
<b>12. TARKASTUKSEN TEKIJÄ(T)</b>	
Päiväys 24.05.2017	Päiväys
Allekirjoitus ja nimen selvennys Mikael Gustafsson	Allekirjoitus ja nimen selvennys
Mittauksissa käytetyt mittalaitteet:	
FLUKE 1654B	



4 (4)

<b>13. LUOVUTUSMERKINTÄ</b>	
a)	Ilmoitus kohteen valmistumisesta tehty: Verkkoyhtiö <input type="checkbox"/> Verkkoyhtiön nimi _____ TUKES <input type="checkbox"/> _____
b)	Käytön opastus <input type="checkbox"/> Sovittu pidettäväksi pvm _____. 20__
c)	Käyttöönottotarkastuspöytäkirja luovutettu liitteineen <input type="checkbox"/> Liitteet: _____
d)	Piirustukset ja muut dokumentit luovutettu <input type="checkbox"/>
Luettelo piirustuksista ja dokumenteista:	
Lisätietoja:	
Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvennys
<b>14. TILAAJAN TAI HÄNEN EDUSTAJANSA KUITTAUS</b>	
Olen vastaanottanut kohdassa 13, Luovutusmerkintä, ilmoitetut suoritukset. Pöytäkirja säilytettävä ja tarvittaessa esitettävä koko sähkölaitteiston käyttöänsä ajan.	
Päiväys	Allekirjoitus ja nimen selvennys

Käyttöönottotarkastuspöytäkirjan täyttöohje, ks. liite 1.  
Mittauksissa tarvittavaa perustietoa, ks. liite 2.

## Käyttöönottotarkastus, mittaustulospöytäkirja



Käyttöönottomittauspöytäkirja

ES-PROJEKTIT OY

Kohde:

Aihe: SÄHKÖASENNUSTEN KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUS JA TARKASTUS

Aika: 25.3.2017

Mittalaite: Fluke 1654B multifunction tester

Mittaja(t): Mikael Gustafsson

### KÄYTTÖÖNOTTOMITTAUSTULOKSET

#### SISÄLLYSLUETTELO VÄLILEHDITTÄIN

- 1 VVS-mittaus
- 2 VVS-mittaus yleiset tilat
- 3 VVS-autolämmitys
- 4 Eristysresissanssimittaus
- 5 SJ-jatkuvuus
- 6 Vaihejärjestys
- 7 Oikosulkuvirta / keskukset
- 8 Mittarointien oikeellisuus
- 9 Huomautukset
- 10

